

Trabajo Fin de Grado

Aplicación informática para la composición de
trenes militares

Autor

C.A.C. D. David Perea López

Director/es

Prof. Dña. Silvia Guillén Lambea
Cte. D. Jose Manuel Burgos Fernández

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
2016

En agradecimiento especial a los Oficiales, Suboficiales y Tropa de la Compañía de Ferrocarriles y del Centro de Control de Movimientos por Ferrocarril del Regimiento de Pontoneros y Especialidades Nº12 por su ofrecimiento y ayuda a la hora de realizar este trabajo.

RESUMEN

El transporte militar por ferrocarril es todo transporte de personal o material perteneciente al Ministerio de Defensa que se lleva a cabo por vía férrea. La planificación del transporte militar por ferrocarril es un laborioso trabajo, cuyo objetivo es economizar los medios y cumplir con las limitaciones impuestas por la naturaleza del transporte. El órgano encargado de realizar dicha planificación es el Centro de Control de Movimientos por Ferrocarril (CCMR). En esa línea, el presente Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo facilitar la tarea de la elaboración de composiciones ferroviarias mediante el desarrollo de una aplicación informática de uso sencillo que obtenga una composición óptima al introducir los datos necesarios. Se han estudiado varios lenguajes de programación, de los cuales ha sido elegido Visual Basic para desarrollar la aplicación informática, llamada AutoCompo. La aplicación ha sido comprobada con casos reales y ha sido validada a través de un cuestionario de satisfacción, obteniendo resultados satisfactorios.

ABSTRACT

The military transport by rail is all transport of personnel or materiel under the Ministry of Defence carried out by rail. The planning of military transport by rail is a laborious task, whose objective is to economize the means and to meet the limitations imposed by the nature of the transport. The organism responsible for carrying out such planning is the CCMR. In that vein, this Final Project Degree aims to facilitate the task of the elaboration of railway compositions by developing a computer application easy to use that will be able to obtain an optimum composition just by introducing the necessary data. Several programming languages have been studied, from which Visual Basic has been chosen to develop the computer application, called AutoCompo. The application has been verified with real cases and has been validated through a satisfaction questionnaire, obtaining satisfactory results.

LISTA DE ABREVIATURAS

ADIF: Administrador de Infraestructuras Ferroviarias.

CCMR: Centro de Control de Movimientos por Ferrocarril.

DIFUNLOG: División de Funciones Logísticas.

DITRA: División de Transportes.

ET: Ejército de Tierra.

MALE: Mando de Apoyo Logístico.

MINISDEF: Ministerio de Defensa.

OTAN: Organización del Tratado del Atlántico Norte.

PHP: Pre Hypertext Processor

PT: Petición de Transporte.

RENFE: Red Nacional de Ferrocarriles Españoles.

RPEI: Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros.

TN: Territorio Nacional.

VBA: Visual Basic.

ÍNDICE

RESUMEN	iii
LISTA DE ABREVIATURAS	v
1. Introducción	1
1.1. <i>Motivación y ámbito de aplicación</i>	<i>1</i>
1.2. <i>Objetivos y alcance</i>	<i>2</i>
1.3. <i>Metodología de trabajo</i>	<i>2</i>
2. Transporte militar por ferrocarril	3
2.1. <i>Consideraciones generales.....</i>	<i>3</i>
2.2. <i>Capacidades en la estructura del Ejército de Tierra</i>	<i>5</i>
2.2.1. <i>Infraestructura</i>	<i>5</i>
2.2.2. <i>Compañía de Ferrocarriles</i>	<i>5</i>
2.2.3. <i>Centro de Control de Movimientos por Ferrocarril</i>	<i>7</i>
2.3. <i>Confección de composiciones ferroviarias</i>	<i>8</i>
3. Cargamento.....	9
3.1. <i>Consideraciones generales.....</i>	<i>9</i>
3.2. <i>Estudio del cargamento</i>	<i>9</i>
3.3. <i>Particularidades del material.....</i>	<i>10</i>
3.3.1. <i>Plataformas disponibles</i>	<i>10</i>
3.3.2. <i>Vehículos sin restricciones de circulación</i>	<i>11</i>
3.3.3. <i>Vehículos con restricciones de circulación.....</i>	<i>12</i>
3.3.4. <i>Vagones de viajeros</i>	<i>13</i>
3.3.5. <i>Contenedores.....</i>	<i>13</i>
3.3.6. <i>Mercancías peligrosas</i>	<i>13</i>
3.3.7. <i>Material diverso</i>	<i>14</i>
3.4. <i>Problemas comunes</i>	<i>15</i>
4. Estudio y elección del lenguaje de programación	16
4.1. <i>PHP.....</i>	<i>16</i>
4.2. <i>Visual Basic</i>	<i>17</i>
4.3. <i>Pascal y variantes.....</i>	<i>17</i>
4.4. <i>Elección del lenguaje de programación</i>	<i>18</i>
5. Desarrollo de la aplicación.....	18
5.1. <i>Definición de requisitos.....</i>	<i>19</i>

5.2.	<i>Diseño del sistema</i>	21
5.2.1.	Estructura de datos	21
5.2.2.	Algoritmo de optimización	23
5.3.	<i>Diseño del programa</i>	24
5.4.	<i>Interfaz gráfica</i>	26
6.	Validación de la aplicación	28
6.1.	<i>Comparación de resultados</i>	28
6.2.	<i>Cuestionario de satisfacción</i>	31
7.	Trabajos futuros	33
8.	Conclusiones	34
	DIFUSIÓN DE RESULTADOS	35
	ÍNDICE DE FIGURAS	37
	BIBLIOGRAFÍA	39
	ANEXO A: ORGANIGRAMA DEL MALE	41
	ANEXO B: PETICIÓN DE TRANSPORTE	43
	ANEXO C: CUADRO DE COMPOSICIÓN	45
	ANEXO D: FICHA DE GÁLIBO	47
	ANEXO E: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN	49
	ANEXO F: MANUAL DE USUARIO	71
	ANEXO G: CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN	89

1. Introducción

La siguiente memoria presenta los resultados del trabajo de fin de grado con título *Aplicación informática para la composición de trenes militares* correspondiente al grado en Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar (Zaragoza).

Se ha desarrollado una aplicación informática que está siendo utilizada actualmente en el Centro de Control de Movimientos por Ferrocarril (CCMR), cuyo organigrama se encuentra en el Anexo A. La aplicación permite realizar de forma óptima y sencilla las composiciones ferroviarias necesarias para efectuar un transporte militar por ferrocarril en Territorio Nacional (TN).

1.1. Motivación y ámbito de aplicación

La realización de este proyecto ha sido motivada por la necesidad encontrada en el CCMR de reducir el tiempo de planificación del transporte militar por ferrocarril y adaptar los procedimientos manuales a medios informáticos más eficientes.

El CCMR tiene como misión coordinar los transportes por ferrocarril que realizan las distintas Unidades, encargándose de la planificación y seguimiento de los movimientos de material y actuando de intermediarios entre la operadora ferroviaria RENFE y las Unidades militares transportadas.

Entre las tareas que llevan a cabo actualmente se encuentran:

- Resolución de las Peticiones de Transporte (Anexo B), planificando el transporte militar por ferrocarril y elaborando los Cuadros de Composiciones (Anexo C) del material correspondiente a transportar.
- Confección de las fichas de gálibo (Anexo D) de los vehículos pertenecientes al Ministerio de Defensa (MISNISDEF) para que sean posteriormente aprobadas por ADIF y puedan ser transportados por ferrocarril.
- Mantener una constante comunicación con ADIF para la actualización de las restricciones de circulación en los itinerarios o las condiciones de transporte de ciertos vehículos.
- Integración de los procedimientos del transporte militar por ferrocarril a nivel internacional, cumpliendo la normativa de la OTAN, debido al actual liderazgo de la nación española en la VJTF (Very High Readiness Joint Task Force).

El modelo normalizado para mostrar el desglose del material transportado en cada tren es el Cuadro de Composición. Su confección es laboriosa debido a que requiere de unos cálculos y comprobaciones continuos de tonelaje, medidas y restricciones de carga impuestas por la normativa aplicable.

El desarrollo de una aplicación informática para facilitar la tarea de la elaboración de Cuadros de Composición teniendo en cuenta todas las restricciones aplicables en cada caso, sería de gran utilidad para el personal del CCMR. En primer lugar, la aplicación reduciría considerablemente el tiempo empleado en la elaboración de los Cuadros de Composición desde que se recibe la Petición de Transporte. La aplicación

también aportaría una gran flexibilidad al planeamiento del transporte militar por ferrocarril debido a que sería capaz de reestructurar la composición si cambiaran factores como el número de vehículos a transportar o las capacidades de las locomotoras que puede ofrecer RENFE.

1.2. Objetivos y alcance

El objetivo del proyecto es satisfacer las necesidades del CCMR desarrollando una aplicación informática que consiga una considerable reducción del tiempo empleado en la elaboración de los Cuadros de Composición.

La aplicación tendrá que ser capaz de resolver una Petición de Transporte (PT) y obtener como resultado un Cuadro de Composición con una distribución eficiente de vehículos y plataformas. Se buscará implementar un algoritmo de optimización con un código de fácil comprensión para permitir posibles ampliaciones y mejoras.

Se limitará el alcance de las funcionalidades de la versión desarrollada AutoCompo v0.0 a la obtención de una composición ferroviaria según la normativa nacional, sin incurrir en la realización del presupuesto del transporte por ferrocarril ni en la realización de composiciones con medios de transporte por carretera o intermodales.

Finalmente, con el objetivo de facilitar el uso de la aplicación al personal del CCMR, se realizará un manual de usuario que detalle el proceso para calcular composiciones ferroviarias, ampliar la lista de vehículos aprobados por ADIF o realizar modificaciones en el código de programación.

1.3. Metodología de trabajo

Las etapas que se han llevado a cabo para completar el Trabajo de Fin de Grado han sido las siguientes:

1. Consulta de diversa documentación:

- Manuales y documentación del Ejército de Tierra [1] [2] [3].
- Consulta de normativa y documentación de RENFE y ADIF [4] [5] [6] [7].
- Consulta de manuales de programación [8] [9] [10].

2. Consultas a expertos en el tema.

Se han realizado consultas al personal del Centro de Control de Movimientos por Ferrocarril y de la Compañía de Ferrocarriles abarcando los distintos campos del transporte por ferrocarril. Mediante la realización de una serie de entrevistas se ha definido una lista de requisitos que debe cumplir la aplicación.

3. Cálculo manual de composiciones ferroviarias.

Con la elaboración de varias composiciones ferroviarias, se ha observado que se trata de un procedimiento muy metódico que tiene una serie de restricciones fáciles de modelar. La pericia del personal limita la complejidad del proceso y se toma una serie de lecciones aprendidas para aplicarlas en el desarrollo de la aplicación y reducir el código del algoritmo de optimización.

4. Elección del lenguaje de programación.
Se han estudiado diferentes lenguajes de programación, se han analizado las ventajas y desventajas de cada uno y finalmente se ha elegido el lenguaje más adecuado para el cumplimiento del alcance y los objetivos definidos.
5. Desarrollo de la aplicación.
Se ha definido los requisitos de la aplicación, se ha diseñado el sistema realizando el diseño de la estructura de datos y el diseño del algoritmo y finalmente se ha programado el resto del código.
6. Verificación de resultados.
Se ha comprobado el correcto funcionamiento de la aplicación y se ha realizado un cuestionario de satisfacción para conocer si las prestaciones de la aplicación informática cumplen los requisitos establecidos por el personal del CCMR.
7. Definición de trabajos futuros.
Se ha elaborado una lista de trabajos futuros para la mejora de la aplicación.

2. Transporte militar por ferrocarril

2.1. Consideraciones generales

El transporte militar por ferrocarril es todo transporte de personal o material perteneciente al Ministerio de Defensa que se lleva a cabo por vía férrea [1]. Es considerado transporte estratégico ya que puede transportar grandes efectivos y volúmenes de material a largas distancias. Entre las ventajas de su uso se encuentran que puede ser utilizado en condiciones meteorológicas adversas y cuando las particularidades del material pesado o la saturación de las carreteras puedan originar problemas de tráfico. Sus desventajas principales son la vulnerabilidad de las instalaciones, la rigidez de los itinerarios y la necesidad de una preparación minuciosa.

La infraestructura ferroviaria española tiene una gran capacidad [11] y ha sido el principal motor de la industrialización y la comercialización a lo largo de la historia. Además, el sector ferroviario español ha liderado varios proyectos de infraestructura ferroviaria fuera de España y ha producido diversas tecnologías como son el muelle testero transportable "TRANSFER" (Figura 1), el sistema de ancho variable nacional, el sistema de alarma automático ASFA o el tren articulado ligero Talgo.



Figura 1: Centauro embarcando en el muelle "TRANSFER". Fuente: el autor.

En Territorio Nacional, la gran infraestructura ferroviaria disponible y los sucesivos convenios existentes con RENFE [4] hacen que el transporte militar por ferrocarril tenga una ventaja estratégica y un ahorro monetario en el transporte de grandes volúmenes frente a la subcontratación de empresas civiles de transporte por carretera.

El gran inconveniente del ferrocarril es el costoso mantenimiento de su infraestructura. Individualmente, cada transporte ejecutado por ferrocarril suele ser más barato que por carretera, dependiendo del volumen y la distancia, pero si las capacidades que proporcionan la infraestructura ferroviaria española no son explotadas adecuadamente, se podría incurrir en un gasto global superior.

Sin embargo, el transporte militar por ferrocarril ha caído en desuso en los últimos años (Figura 2), a la vez que ha decrecido el número de personal del Ejército de Tierra destinada en unidades de ferrocarriles. Los pocos transportes de material militar que permite la economía actual española, como norma general, no han aprovechado las capacidades del ferrocarril español y está aumentando la tendencia hacia la ejecución de transportes por carretera subcontratando empresas civiles de transporte.

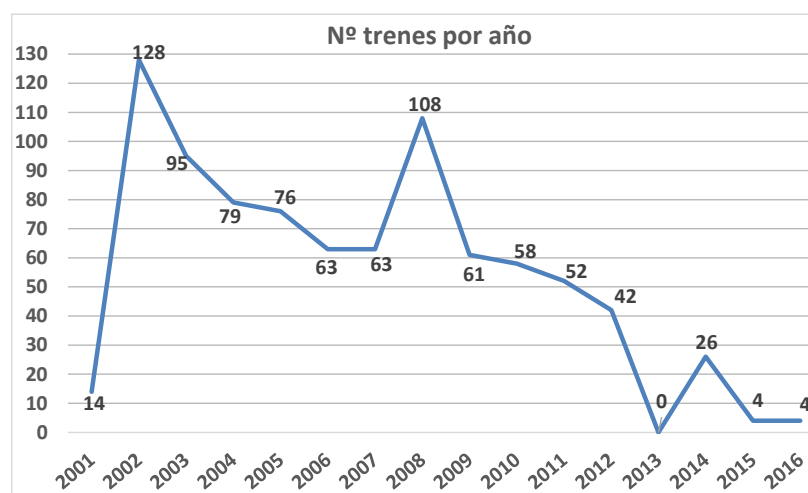


Figura 2: Gráfica del número de trenes por año. Elaboración propia.

2.2. Capacidades en la estructura del Ejército de Tierra

2.2.1. Infraestructura

El Ejército de Tierra (ET) tiene en su propiedad una estación militar ubicada en San Gregorio y un cargadero ubicado en la base El Goloso.

La estación de San Gregorio (Figura 3) tiene las siguientes características:

- Dispone de 14 vías de ancho 1668 mm con longitudes entre 510 m y 619 m distribuidas en dos haces (pares e impares) más un ramal de entrada al acuartelamiento del AALOG 41.
- Las vías 2, 5 y 7 se encuentran totalmente electrificadas y el resto de vías hasta las señales de ocupación.
- Las vías 14, 16, 18, 20 son vías de carga donde se pueden cargar los trenes desde un muelle de carga. A su vez, la vía 20 permite la carga lateral.
- Tiene un ramal auxiliar acondicionado con una rampa de desembarque para todo tipo de vehículos
- Tiene playas de vía acondicionadas para la descarga de material y contenedores.
- Dispone de iluminación para cargas y descargas en el arco nocturno.

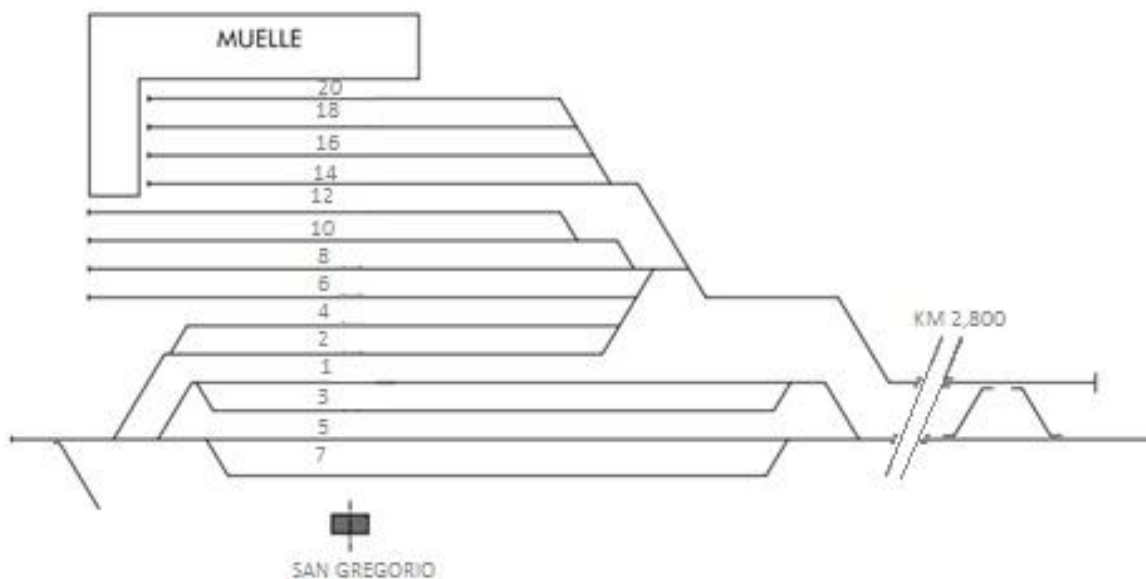


Figura 3: Plano de la estación militar de ferrocarril San Gregorio. Fuente: MT5-007 [1].

En cambio, el cargadero de la base El Goloso dispone sólo de 2 vías de ancho 1668 mm unidas con un ramal común, donde la carga y descarga se ha de realizar con muelles testers transportables “TRANSFER”.

2.2.2. Compañía de Ferrocarriles

El ET dispone en su orgánica de una Unidad de entidad Compañía con capacidades de mantenimiento de infraestructura ferroviaria y de explotación de los recursos ferroviarios. La Compañía de Ferrocarriles está encuadrada en el Batallón de Especialidades del Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros nº12

(RPEI 12) y es fruto de la disolución del antiguo Regimiento de Ferrocarriles nº13 ubicado en Zaragoza.

La Cía. de Ferrocarriles (Figura 4) se encarga de la conservación de la infraestructura ferroviaria militar y el mantenimiento del material rodante propiedad del Ministerio de Defensa además de ser empleada en la ejecución de los transportes militares por ferrocarril.

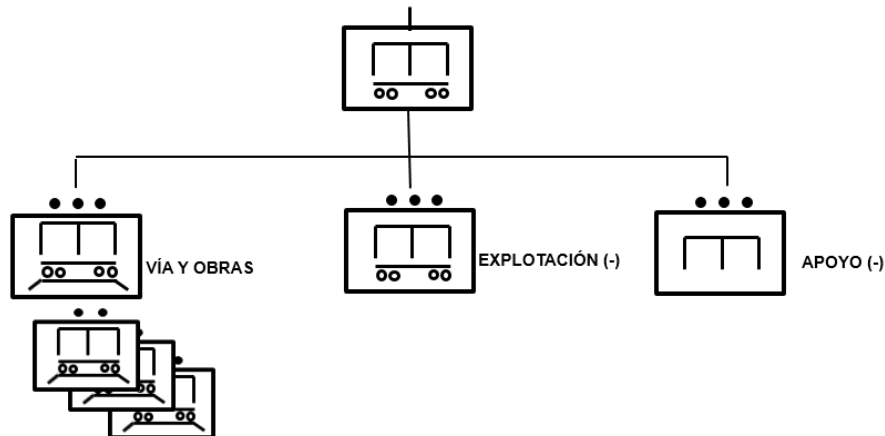


Figura 4: Organigrama actual de la Cía. de Ferrocarriles. Elaboración propia.

Entre sus otros cometidos se encuentran:

- Construir, rehabilitar o mantener la infraestructura ferroviaria necesaria para la constitución de líneas ferroviarias o de terminales terrestres.
- Gestionar una terminal de ferrocarriles mediante un destacamento desplegado en Zona de Operaciones.
- Apoyar la operación de líneas de ferrocarril, incluyendo el embarque y desembarque de los recursos y formación de trenes, así como el enlace con autoridades ferroviarias en tránsito.
- Embarque y desembarque con muelles testers móviles reglamentarios tipo «TRASNSFER». Estos muelles posibilitan el embarque / desembarque de trenes sin necesidad de playas de embarque.
- Garantizar la seguridad del material embarcado sobre plataformas ferroviarias y la circulación de trenes.
- Formar y conducir trenes militares mixtos (personal y material). Aunque en TN solo se permite circular al personal del ET con los tractores de maniobra “HENSCHEL” (Figura 5) por el interior de las estaciones militares [4].



Figura 5: Tractor de maniobra "HENSCHEL". Fuente: el autor.

2.2.3. Centro de Control de Movimientos por Ferrocarril

El CCMR es el órgano de dirección encargado de coordinar los transportes por ferrocarril que realizan las distintas Unidades, encargándose de la planificación y seguimiento de los movimientos y actuando de intermediarios entre RENFE y las Unidades transportadas. Se encuentra ubicado físicamente en dependencias del RPEI 12 y tras la última reorganización del MALE, pasó de depender del DITRA a ser una dependencia funcional del DIFUNLOG, tal como se puede observar en el Anexo A, donde están marcados los últimos cambios realizados.

El CCMR se articula en dos áreas: Transporte y Seguimiento. La implicación de estas áreas en el proceso de transporte tiene carácter sucesivo; primero el área de transporte efectúa el planeamiento del mismo desde que recibe de DIFUNLOG la Petición de Transporte (PT) hasta que RENFE proporciona el programa de transporte, después el área de seguimiento empieza a actuar desde que se recibe el programa de transporte hasta la confección del informe de finalización del transporte. Ambas áreas están subordinadas al Jefe del CCMR, responsable del proceso de transporte tanto en planeamiento como en ejecución [3].

Dentro de todo este proceso, se pueden relacionar los siguientes cometidos correspondientes al área de transporte del CCMR:

- Verificación de la posibilidad de transporte por ferrocarril de todos los medios incluidos en la PT.
- Asesorar a la Unidades a transportar, en procedimientos de asegurar (amarrar) los vehículos o materiales a transportar y, en su caso, gestionar la entrega de material de amarre del que es depositario el RPEI 12.
- Confeccionar los cuadros de composición de los trenes resultantes de una PT (incluye los contactos directos de coordinación de horarios de embarque con la Unidad y RENFE, de la salida/llegada y distribución del material en los trenes).
- Remisión a RENFE del Cuadro de Composición confeccionado.
- Coordinar con RENFE la consignación y posicionamiento del material remolcado necesario para la ejecución del transporte.

- Recabar de RENFE el correspondiente programa de transporte y prescripciones técnicas.

Se pueden relacionar los siguientes cometidos correspondientes al área de seguimiento del CCMR:

- Facturación telemática.
- Proporcionar al personal de circulación, embarque y acompañamiento la documentación requerida y las plantillas para centrar o descentrar vehículos.
- Impartir las instrucciones particulares y de coordinación, establecidas con la Unidad a transportar y con RENFE, al personal de circulación, embarque y acompañamiento.
- Operar los sistemas informáticos de seguimiento de RENFE (SACIM).
- Establecer y mantener contacto con el personal de circulación, embarque y acompañamiento destacado para la ejecución del transporte, desde el inicio de las operaciones de embarque hasta la finalización de las operaciones de desembarque.
- Poner en conocimiento de RENFE las incidencias ocurridas en la ejecución del transporte para su más pronta resolución.
- Recopilar toda la documentación generada en el proceso de transporte y redactar los informes de transporte una vez finalizado el mismo.

2.3. Confección de composiciones ferroviarias

El procedimiento que se lleva a cabo en el CCMR para la confección de una composición ferroviaria es el siguiente [2]:

1. La Unidad solicitante del transporte enviará a la DIFUNLOG una Petición de Transporte (PT) con el material que desea embarcar.
2. La DIFUNLOG remite a la Sección de Transportes (por ferrocarril se encarga el CCMR, ver Anexo A), la PT formulada por la Unidad a razón de crear el Cuadro de Composición. Para la composición de dichos Cuadros se tendrán en cuenta las restricciones de la línea, tanto en tonelaje como en longitudes máximas.
3. Los Cuadros de Composición confeccionados se remitirán a RENFE para ser revisados.
4. RENFE devolverá los Cuadros de Composición a la Sección de Transportes adjuntando los Cuadros de Marcha y las Prescripciones Técnicas de los correspondientes trenes.
5. La Sección de Transportes enviará toda la documentación correspondiente de los trenes a transportar a la DIFUNLOG y las respectivas Unidades fijando una hora de embarque adecuada a todos los organismos implicados.
6. Finalizado el transporte se confeccionará el Informe del Tren Militar.

3. Cargamento

3.1. Consideraciones generales

El CCMR se encarga de hacer las composiciones ferroviarias y rellenar los distintos Cuadros de Composición que puedan formarse de un transporte militar por ferrocarril. Para ello, el personal del CCMR realiza una laboriosa tarea de forma manual en la que se distribuye el cargamento por las distintas plataformas hasta completar las necesidades de transporte. La distribución del cargamento está sometida a numerosas restricciones provenientes de las plataformas utilizadas, del trayecto elegido o de la propia naturaleza del cargamento.

El material militar más común transportado por ferrocarril son los vehículos de ruedas o cadenas, aunque también se pueden transportar contenedores, mercancías peligrosas, material diverso en vagones J o tolvas cargadas con material a granel.

Como norma general, el transporte de material por ferrocarril está sometido a la Instrucción General Nº66 [5] que define la normativa de cargamento. Específicamente, el transporte militar por ferrocarril, debido a sus características particulares, tiene que cumplir también el Comunicado Nº6 de la Instrucción General Nº66 [6], que trata de las prescripciones para el transporte de vehículos militares de ruedas y cadenas, además de la Consigna Serie C Nº41 [7] que define las normas para el transporte de vehículos militares de características especiales.

3.2. Estudio del cargamento

Para el transporte en Territorio Nacional (TN) y aplicando el Convenio MINISDEF-RENFE en vigor [4], las Unidades deberán realizar las fichas de gálibo de aquel material que no se encuentre en los listados siguientes:

- Listado de vehículos militares con excesos estudiados por ADIF y que están incluidos en la Consigna C-41.
- Listados de vehículos sin excesos ya estudiados por Renfe.

En los listados se indican los vehículos que ya están estudiados, debiendo realizarse las mediciones correspondientes de cualquier vehículo que no se encuentre entre ellos. Se deben destacar aquellos elementos que sobresalgan de la línea general del vehículo y que presenta dificultad para su desmontaje o éste no se pueda realizar.

Cuando se reciba la información del material a transportar, se podrá iniciar el estudio de dicho material, indicando aquel que sea transportado bajo Consigna C-41 (exceso de gálibo) y sobre todo, el nuevo material del que sí que habrá que realizar un estudio completo, confeccionando nuevas fichas (Anexo D), que una vez cumplimentadas serán remitidas a ADIF para su estudio y aprobación.

La recepción del Cuadro de Composición en Renfe tendrá que ser como mínimo 20 días hábiles antes de la fecha solicitada para la salida del tren si es necesario realizar estudio de transporte para algún vehículo y de 15 días hábiles si no es necesario realizar dicho estudio. El Cuadro de Composición podrá sufrir pequeñas variaciones en la carga a transportar hasta 7 días hábiles antes de la salida del tren.

3.3. Particularidades del material

3.3.1. Plataformas disponibles

Las plataformas son el material rodante ferroviario donde se carga material para ser transportado. Existen diferentes modelos con distintos usos:

- Plataformas de carga: Son las más utilizadas en el transporte militar por ferrocarril ya que permiten cargar vehículos combinándolos de forma diferente.
- Vagones tipo J: Se utilizan para transportar material diverso en su interior.
- Tolvas: Se utilizan para transportar material a granel.
- Coches de viajeros: Se utiliza para transportar el personal de escolta y auxiliares de los vehículos en los trenes mixtos (personal y material).

Las plataformas más comunes utilizadas en el transporte militar por ferrocarril son las siguientes:

- PMM-E: Con superficie metálica, 11,26 m de longitud y 57,5 t de capacidad (Figura 6).
- PMM-ER: Con superficie metálica, 11,26 m de longitud y 68,9 t de capacidad.
- M-1: Con superficie de madera, 12,5 m de longitud y 27 t de capacidad.
- MM-2: Con superficie de madera, 18,5 m de longitud y 55 t de capacidad (Figura 7).



Figura 6: Plataforma PMM-E. Fuente: MT5-007 [1].

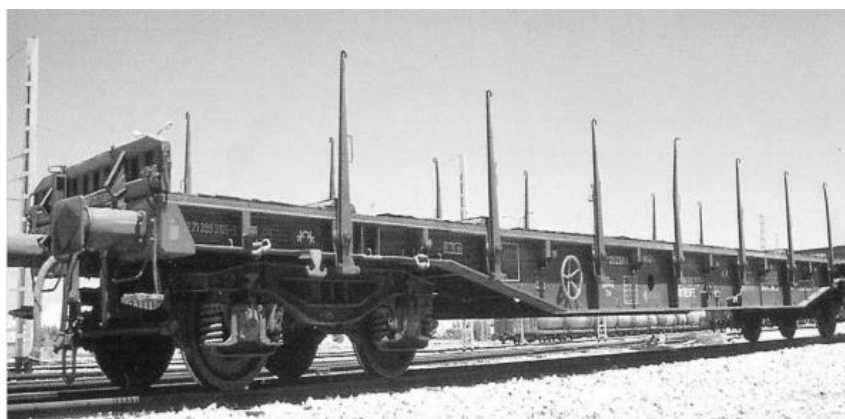


Figura 7: Plataforma MM-2. Fuente: Catálogo de Vagones [12].

Como norma general, los medios de cadenas son transportados en plataformas con superficie metálica y los medios de ruedas son transportados en plataformas con superficie de madera. Las plataformas PMM-E y PMM-ER en propiedad del MINISDEF tienen superficie metálica, por lo tanto es necesario alquilar plataformas con superficie de madera a RENFE cuando se quiere transportar medios de ruedas.

Sin embargo existen excepciones de vehículos de ruedas que han sido aprobados para ser transportados en plataformas metálicas, así como también se puede realizar un estudio expreso para el transporte de medios de ruedas en plataformas metálicas para un determinado transporte o para vehículos sin ficha de gálibo con la autorización de la Comisión de Prescripciones de Cargamento y Transportes Excepcionales [4].

La explotación de los medios en propiedad del MINISDEF es un objetivo que se ha manifestado en la ejecutiva del ET para evitar que las plataformas caigan en desuso y rentabilizar el coste del mantenimiento especial que tienen. Además, las tarifas pactadas en el Convenio MINISDEF-RENFE Operadora facturan con un mayor importe el uso de plataformas alquiladas, por lo que el uso de las plataformas propiedad del MINISDEF implica un ahorro en el transporte ejecutado.

3.3.2. Vehículos sin restricciones de circulación

Los vehículos sin restricciones de circulación están sometidos a la normativa de cargamento de la Instrucción General Nº 66 (IG-66), en la que se define una serie de indicaciones para vehículos de ruedas y cadenas y se adjuntan las fichas de cargamento y colocación de amarres y calzos en los vehículos sobre plataformas [5].

Además también están sometidos a las prescripciones para el transporte de vehículos militares de ruedas y cadenas del Comunicado Nº 6 de la IG-66 descritas por la Comisión de Prescripciones de Cargamento y Transportes Excepcionales [6].

Los vehículos, dependiendo de su naturaleza, como por ejemplo, vehículo de ruedas, vehículo de cadenas, vehículos con ruedas gemelas, remolques aislados o remolques enganchados, deben ir asegurados sobre las plataformas de distinta forma [5] [6]. Para la sujeción se utiliza de la forma descrita en la normativa anterior los siguientes elementos:

- Calzos: Se colocan detrás o delante de una rueda para inmovilizarla (Figura 8).
- Rastreles: Se colocan en los laterales de la rueda (Figura 8).
- Amarres: Sujetan la carga a la plataforma (Figura 9).

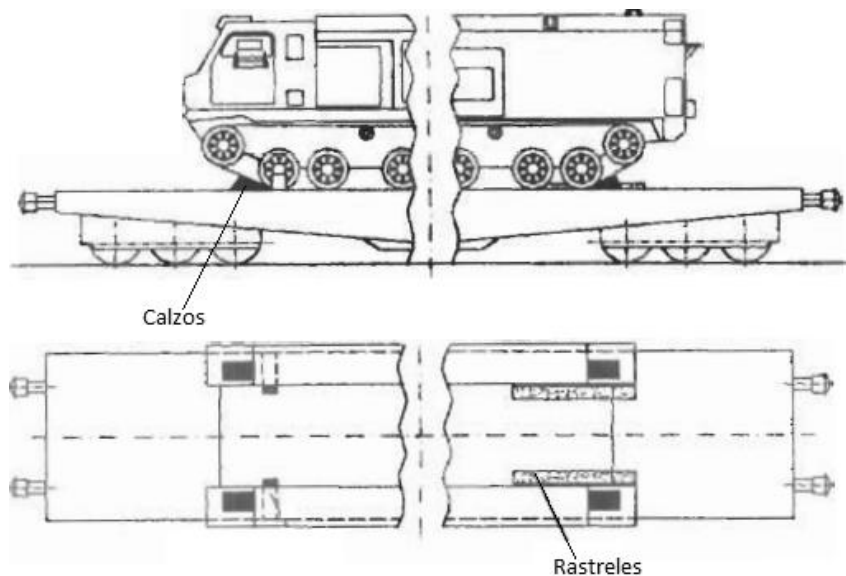


Figura 8: Colocación de calzos y rastreles. Fuente: Comunicado nº6 IG-66 [6].

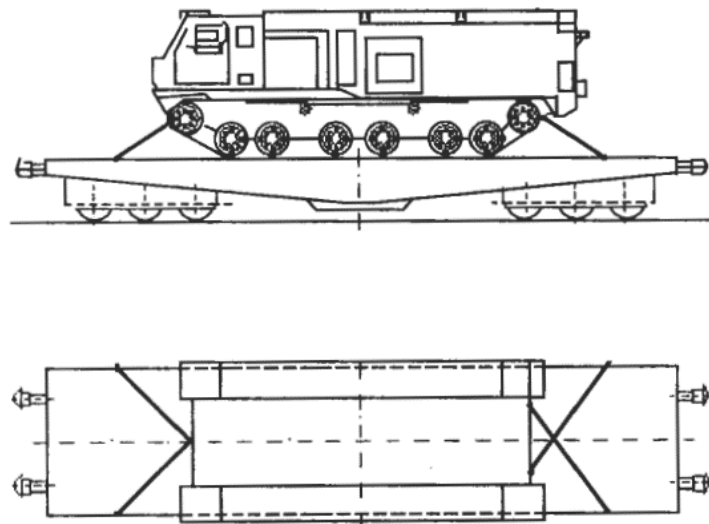


Figura 9: Colocación de amarres. Fuente: Comunicado nº6 IG-66 [6].

3.3.3. Vehículos con restricciones de circulación

Los vehículos con restricciones de circulación están sometidos a las normas para el transporte de vehículos militares de características excepcionales de la Consigna C Nº 41 (CC41) [7].

Los vehículos incluidos en esta consigna superan de forma excepcional algunos de los parámetros a tener en cuenta en el transporte como por ejemplo el tonelaje del CC LEOPARDO 2E, aunque generalmente es el gálibo del vehículo el que presenta problemas para la circulación de los vehículos por determinados trayectos, para que sean cargados en las distintas plataformas o para que deban ser descentrados [7].

Los vehículos a los que se aplican la CC41 están incluidos en el Apéndice 2 de la CC41, en la que se relaciona a cada vehículo con la plataforma apta para su transporte, así como también la relación de apéndices que afectan al vehículo.

El Apéndice 3 Condiciones Generales de Transporte y el Apéndice 4 Condiciones Particulares de Transporte definen el acondicionamiento y sujeción de los vehículos a las plataformas, como por ejemplo el descentre del vehículo en la plataforma, el amarre de partes móviles o el desmontaje de antenas o retrovisores.

El Apéndice 5 Prescripciones Generales de Circulación y el Apéndice 6 Prescripciones Particulares de Circulación definen una serie de normas para la circulación de los trenes en determinadas trayectos cuando transportan alguno de estos vehículos, como por ejemplo la velocidad máxima, paso de estaciones o circulación con corte de tensión o protección dieléctrica para evitar el arco voltaico con la catenaria.

Debido a que los vehículos contenidos en la CC41 son frecuentes en los transportes militares por ferrocarril, ADIF ha hecho un estudio de las restricciones del material militar y la capacidad de la infraestructura ferroviaria para elaborar una lista de itinerarios autorizados que forma el Apéndice 1 de la CC41.

3.3.4. Vagones de viajeros

Normalmente en TN, el personal de la Unidad se transporta por carretera. El personal de escolta y el necesario para completar su capacidad acompaña al tren en coche de viajeros, incluyendo en todo caso a los conductores del material automóvil [1].

3.3.5. Contenedores

Se pueden transportar contenedores de 20 o 40 pies así como cajas móviles en trenes comerciales [4]. Los contenedores podrán ir cargados en plataformas habilitadas para ello como por ejemplo la plataforma MQ (Figura 10) o en las plataformas militares PMM-E o PMM-ER debidamente asegurados con amarres y con la autorización de la Comisión de Prescripciones de Cargamento y Transportes Excepcionales.



Figura 10: Plataforma MQ. Fuente: Catálogo de Vagones [12].

3.3.6. Mercancías peligrosas

En el transporte de mercancías peligrosas, se deberá cumplir y observar todos los requerimientos que sean de aplicación por la normativa vigente en el momento del transporte, tanto por su naturaleza como por el medio de transporte empleado. Las

mercancías peligrosas de clase 1 y 7 serán objeto de tratamiento técnico comercial particularizado por parte de RENFE [4].

Los vehículos con explosivos y munición se sitúan siempre a continuación de los que lleven viajeros. Entre un vagón con viajeros y otro con materias explosivas deben situarse al menos dos vagones aislantes, preferentemente metálicos, vacíos o cargados con materias inertes o difícilmente inflamables. Así mismo deben tener al menos cuatro vagones entre la máquina y los que contengan explosivos [1].

3.3.7. Material diverso

Se puede utilizar Vagones tipo J (Figura 11) para el transporte de material diverso en su interior con la aplicación de la normativa vigente en el momento del transporte, tanto por la naturaleza del material como por el medio de transporte empleado. Así mismo, el material a granel puede ser transportado en tolvas (Figura 12) en trenes comerciales.



Figura 11: Vagón tipo J. Fuente: Catálogo de Vagones [12].



Figura 12: Tolva. Fuente: Catálogo de Vagones [12].

3.4. Problemas comunes

En el planeamiento del transporte, la distribución manual de vehículos por las plataformas es un trabajo laborioso, aunque la experiencia del personal del CCMR y unas tablas de posibles combinaciones del cargamento ayudan en su realización. Esta tarea es realizada varias veces de forma distinta con el objetivo de conseguir una composición ferroviaria lo más económica y corta posible.

Es necesario hacer una composición óptima en coste, y para ello se utilizan las tarifas pactadas en el Convenio MINISDEF-RENFE (Figura 13). La facturación se realiza por tonelada y kilómetro recorrido, siendo el total de kilómetros de cada itinerario el definido en el convenio [4]. Las tarifas discriminan con distinto coste, de menor a mayor coste, entre blindados con un peso mayor de 15 t, blindados con un peso menor de 15 t y el resto del material. A su vez, el uso de plataformas militares tiene un coste menor que el alquiler de plataformas a RENFE. Para la facturación de la carga sólo se tiene en cuenta su tonelaje sin incluir el peso de la plataforma, siendo la facturación mínima de 10 t por plataforma y aplicando la tarifa correspondiente.

Sobre Material Remolcado propiedad de Renfe		
Tipo tarifa	Tipo de mercancía	€/Tkm
Mat. Renfe	Blindados => 15 Tm	0,1215
Mat. Renfe	Blindados < 15 Tm	0,1509
Mat. Renfe	Resto material	0,1931
Mat. Renfe "J"	Vagones J cargados en el tren	0,1931
Mat. Renfe	Transportes internacionales	0,1931
Sobre Material Remolcado propiedad de MINISDEF		
Tipo tarifa	Tipo de mercancía	€/Tkm
Mat. MINISDEF	Blindados => 15 Tm	0,1057
Mat. MINISDEF	Blindados < 15 Tm	0,1298
Mat. MINISDEF	Resto material	0,1660
Mat. MINISD. "J"	Vagones "J" cargados en el tren	0,1660
Mat. MINISDEF	Transportes internacionales	0,1660

Figura 13: Tarifas. Fuente: Convenio MINISDEF-RENFE Operadora [4].

Por otro lado, también es necesario hacer una composición óptima en longitud ya que el Cuadro de Composición será supervisado por RENFE, y si detecta alguna modificación para acortarlo la exigirá debido a que la reducción del tonelaje total del tren le supondrá un ahorro en el consumo energético durante el transporte.

Uno de los problemas más comunes aparece cuando se van a cargar muchos vehículos o remolques ligeros, que por lo general pesan menos de 3 t. Para ahorrar en la facturación, se intenta buscar una combinación de vehículos ligeros y una distribución de remolques enganchados o no enganchados que sume un peso total de

al menos 10 t o lo más próximo posible. También se ahorra en la facturación cargando vehículos que no tienen ningún tipo de limitación de carga en las plataformas militares.

Otra dificultad a la hora de realizar la composición son los requisitos solicitados por la Unidad a transportar ya que su planeamiento puede no converger con el del CCMR en la realización de los Cuadros de Composición. Los requisitos más comunes son: que unos vehículos vayan juntos en un mismo tren, que otros vehículos lleguen en un primer tren, que otros sean los primeros en desembarcar y que el transporte no dure más de cierto tiempo. Para ello, durante el planeamiento, la Unidad cuenta con el asesoramiento del CCMR y de la Cía. de Ferrocarriles y se le aclararán cuantas dudas puedan presentarse. Se le informará de los vehículos con restricciones de transporte o circulación, la duración del transporte, el número de trenes y el personal y la escolta necesaria en cada tren.

Los Cuadros de Composición son revisados por RENFE y pueden ser modificados, ya sea porque no hay un óptimo aprovechamiento de las capacidades de las plataformas o porque las locomotoras disponibles no tienen capacidad para transportar el tonelaje de la composición calculada. Además, pueden surgir problemas logísticos debidos, por ejemplo, al mantenimiento de las plataformas y los vagones, a la saturación de los itinerarios o a los controles de sanidad que han de pasar los vagones de viajeros [4].

4. Estudio y elección del lenguaje de programación

En este apartado se estudiarán y se evaluarán las ventajas y desventajas de la programación de la aplicación informática en un determinado lenguaje. Posteriormente se elegirá el lenguaje más adecuado para cumplir el alcance y los objetivos planteados atendiendo principalmente a los criterios de sencillez de programación y de facilidad de manejo por el usuario.

Mediante sucesivas consultas a expertos en el campo de la programación, se ha limitado a tres el número de lenguajes que serán estudiados y evaluados: PHP, Visual Basic (VBA) y Pascal junto con sus variantes.

4.1. PHP

El lenguaje Pre Hypertext Processor (PHP) es un lenguaje interpretado con una sintaxis similar a C++ o Java [8]. Su uso está más extendido en la generación dinámica de páginas web, ya que puede ir incrustado en páginas HTML, aunque puede ser usado para desarrollar cualquier tipo de aplicación.

Sus ventajas son:

- Es un lenguaje libre y existe una multitud de documentación en la comunidad del software libre.
- Existen multitud de extensiones: para conectar con bases de datos, para generar dinámicamente páginas en Flash o para el manejo de sockets (conexiones con servidores).

- Al ejecutarse en el servidor, los programas en PHP lo pueden usar todo tipo de máquinas usando cualquier sistema operativo.

Sus desventajas son:

- Necesidad de instalar un paquete de servidor web como Apache, un paquete de Apache-PHP para establecer las conexiones e instalar un paquete MySQL para la conexión con las bases de datos.
- Es un lenguaje que requiere experiencia y dominio en el campo de la programación, además de la declaración de una compleja serie de conexiones entre el navegador web, servidor web, el intérprete PHP (donde se programa el algoritmo) y la base de datos.

4.2. Visual Basic

Visual Basic (VBA) es un lenguaje basado en objetos, aunque no orientado a objetos como son C++ o Java [9]. VBA utiliza objetos con propiedades y métodos, pero carece de los mecanismos de herencia y polimorfismo propios de los verdaderos lenguajes orientados a objetos. VBA simplifica el uso de la programación orientada a eventos (acción del usuario) mediante el uso de controles, además de poder realizar también una programación secuencial o interactiva.

Sus ventajas son:

- Es un lenguaje de programación visual (4ª generación), lo que significa que un gran número de tareas se pueden realizar sin escribir código, simplemente con operaciones gráficas realizadas con el ratón sobre la pantalla.
- En la programación orientada a eventos, las acciones que se pueden realizar en un momento determinado son variadísimas.
- Uso de formularios y controles como interfaz para interactuar con el usuario.
- Es un lenguaje orientado a la realización de programas para Windows, pudiendo incorporar todos los elementos en este entorno informático.
- Facilidad para desarrollar aplicaciones en poco tiempo.

Sus desventajas son:

- Menor velocidad o eficiencia en las aplicaciones en el proceso de cálculo con objetos.
- Menor capacidad de desarrollo de aplicaciones complejas que un lenguaje de más alto nivel como C++.

4.3. Pascal y variantes

Pascal es un lenguaje compilado creado para el aprendizaje de la programación estructurada [10]. Utiliza una programación imperativa basada en estados del programa y una serie de sentencias para cambiar dichos estados. Existen variantes como Lazarus o Delphi que utilizan una versión moderna de Pascal llamada Object Pascal, la cual ofrece una mayor capacidad para el desarrollo de aplicaciones.

Sus ventajas son:

- Es un lenguaje libre, y los proyectos de software libre Lazarus y Delphi evolucionan hacia lenguajes de alto nivel como C++ o Java.
- Programación sencilla y aprendida en el plan de estudios del grado.

Sus desventajas son:

- Actualmente solo se utiliza para el aprendizaje y no para el desarrollo profesional de aplicaciones informáticas.
- Tiene pocas capacidades en cuanto a la relación con bases de datos o entornos gráficos, a menos que se utilice sus variantes Lazarus o Delphi.

4.4. Elección del lenguaje de programación

PHP se descarta debido a la necesidad de insertar paquetes específicos que puedan dificultar el proceso de programación y su utilización en la unidad. Además, se necesitan unos conocimientos y una experiencia superior debido a su complejidad.

Se ha elegido Visual Basic como el lenguaje de programación más adecuado para la consecución de los objetivos marcados de la manera más sencilla. De esta forma, se podrán aprovechar las ventajas que ofrece VBA para realizar las siguientes tareas:

- Desarrollar la aplicación en un entorno gráfico ofrecido por Windows, como por ejemplo Excel, que es el entorno más conocido por los futuros usuarios.
- Se puede contener los datos necesarios para resolver el problema en tablas fácilmente ampliables y se evita tener que declarar la estructura de una base de datos y sus relaciones correspondientes con la aplicación, ya que la estructura de datos que se necesita no merece tal tarea.
- VBA ofrece la capacidad de diseñar una interfaz fácilmente utilizando objetos como controles o formularios para interactuar con el usuario.
- Se puede implementar el algoritmo de forma secuencial sin necesidad de trabajar con objetos, de forma que ganaría velocidad y eficiencia en el cálculo.

Pascal no sería el lenguaje adecuado porque el uso de la aplicación en el entorno gráfico que ofrece puede resultar complicado y carecería de profesionalidad, aunque el desarrollo del algoritmo no supondría gran dificultad.

5. Desarrollo de la aplicación

En este apartado se procederá al desarrollo de la aplicación siguiendo un modelo de programación en cascada (Figura 14). Para ello se procederá a la definición de requisitos de la aplicación, se establecerá una estructura de datos adaptada a las necesidades encontradas y se diseñará un algoritmo que obtenga un resultado óptimo.

Se ha empleado el lenguaje UML (Unified Modeling Language) como herramienta para modelar la aplicación que se quiere desarrollar, elaborando una serie de diagramas que facilitan las tareas de desarrollo y de diseño.

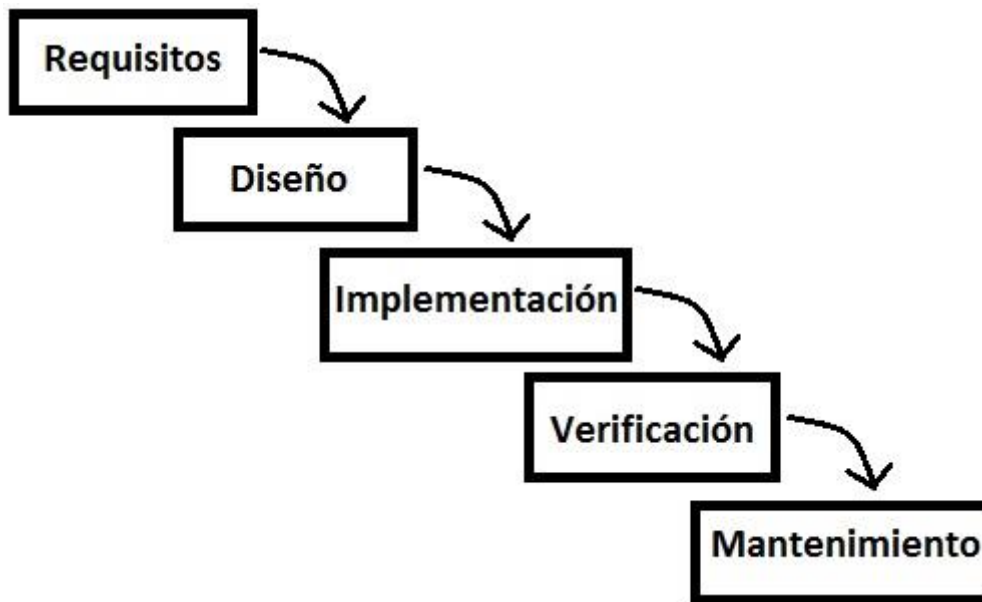


Figura 14: Modelo en cascada. Elaboración propia.

5.1. Definición de requisitos

La definición de requisitos se ha logrado a través de una serie de consultas y entrevistas con el personal del CCMR. De esas consultas se concluye que la aplicación debe tener los siguientes requisitos funcionales (aportan capacidades a la aplicación) y no funcionales (definen características de la aplicación):

- Ser usada de una forma fácil e intuitiva.
- Tener una interfaz de aspecto agradable.
- Tener un formato conocido por el personal del CCMR.
- Tener un contenedor de datos ampliable y modificable de los vehículos que puedan ser elegidos para el transporte.
- Tener un contenedor de datos ampliable y modificable de los trayectos que puedan ser elegidos para el transporte.
- Poder introducir fácilmente los datos contenidos en una PT necesarios para el transporte.
- Calcular una óptima composición ferroviaria tanto en longitud como en coste.
- Realizar los cálculos rápidamente.
- Obtener como resultado un Cuadro de Composición que contenga la información relativa al transporte, manteniendo el formato oficial.
- Recalcular una nueva composición cambiando los datos necesarios.
- Poder modificar manualmente la composición calculada.

Se ha realizado un diagrama de casos de uso (Figura 15) para definir los requerimientos funcionales del sistema AutoCompo y la interacción de los actores con los casos de uso del sistema.

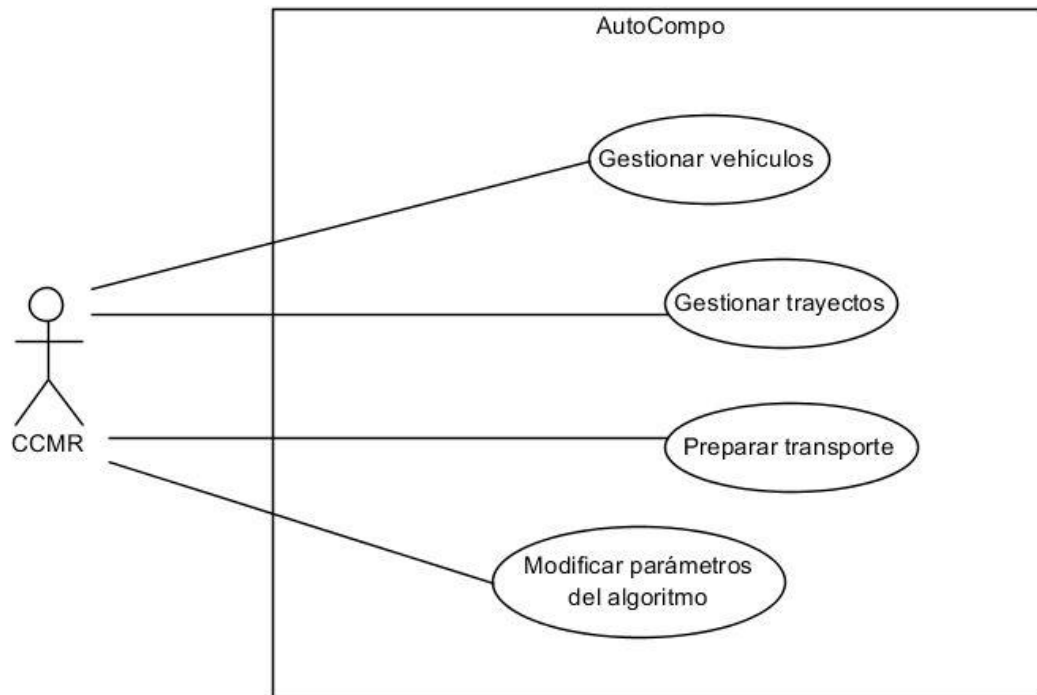


Figura 15: Diagrama de casos de uso. Elaboración propia.

El actor principal es el personal del CCMR. Los stakeholders o partes interesadas son, entre otros: el desarrollador de la aplicación, la Compañía de Ferrocarriles, el Ejército de Tierra, la empresa ADIF y la empresa RENFE.

El sistema AutoCompo contiene los siguientes casos de uso:

- Gestionar vehículos: El personal el CCMR puede añadir nuevos vehículos, revisar que los datos están correctamente almacenados, realizar modificaciones en los datos y eliminar vehículos.
- Gestionar trayectos: El personal el CCMR puede añadir nuevos trayectos, revisar que los datos están correctamente almacenados, realizar modificaciones en los datos y eliminar trayectos.
- Preparar transporte: El personal el CCMR puede introducir los datos incluidos en la PT para preparar el transporte.
- Modificar parámetros del algoritmo: El personal el CCMR puede cambiar ciertos parámetros del algoritmo para adaptarlo a la forma deseada de trabajo.

Así mismo, el caso de uso Preparar transporte contiene el siguiente escenario principal y sus respectivas extensiones:

- 1) El personal del CCMR introduce los datos necesarios para el transporte.
- 2) El sistema comprueba los datos introducidos.
 - a) Los datos están completos y correctos.
 - 1) El personal del CCMR puede grabar los datos.
 - b) Los datos están incompletos.
 - 1) El sistema notifica que falta algún dato.
 - 2) El personal del CCMR añade los datos que faltan.

- 3) El personal del CCMR puede grabar los datos.
- c) Los datos están incorrectos.
 - 1) El sistema no puede detectar el error.
 - 2) El personal del CCMR puede grabar los datos.
- 3) El personal del CCMR comprueba o modifica los datos grabados.
- 4) El sistema utiliza un algoritmo para calcular la composición ferroviaria.
 - a) Los datos son correctos.
 - 1) Se obtiene un Cuadro de Composición correcto.
 - b) Los datos son incorrectos.
 - 1) Ocurre un error en ejecución o se obtiene un Cuadro de Composición incorrecto.
- 5) El personal del CCMR comprueba el Cuadro de Composición obtenido.
 - a) El Cuadro de Composición es óptimo.
 - 1) El personal del CCMR guarda el Cuadro de Composición obtenido.
 - b) El Cuadro de Composición no es óptimo.
 - 1) El personal del CCMR modifica los datos introducidos para modificar el funcionamiento del algoritmo.
 - 2) Se obtiene un Cuadro de Composición óptimo.
 - 3) El personal del CCMR guarda el Cuadro de Composición obtenido.
 - c) El Cuadro de Composición no es correcto.
 - 1) El personal del CCMR comprueba los datos grabados.
 - 2) El personal del CCMR modifica los datos grabados.
 - 3) El sistema utiliza un algoritmo para calcular la composición ferroviaria.
 - 4) El personal del CCMR comprueba el Cuadro de Composición obtenido.
 - (a) El Cuadro de Composición es óptimo.
 - (1) El personal del CCMR guarda el Cuadro de Composición obtenido.
 - (b) El Cuadro de Composición no es óptimo.
 - (1) El personal del CCMR modifica los datos introducidos para modificar el funcionamiento del algoritmo.
 - (2) Se obtiene un Cuadro de Composición óptimo.
 - (3) El personal del CCMR guarda el Cuadro de Composición obtenido.

5.2. Diseño del sistema

El diseño del sistema se divide en las siguientes partes:

- La declaración de una estructura de datos diseñada para la realización de composiciones ferroviarias.
- Un algoritmo de optimización que utilice la estructura de datos y una serie de restricciones para obtener un resultado óptimo.

5.2.1. Estructura de datos

Se ha declarado una estructura de datos (Figura 16) con las diferentes clases de objetos que van a ser procesados por el algoritmo.

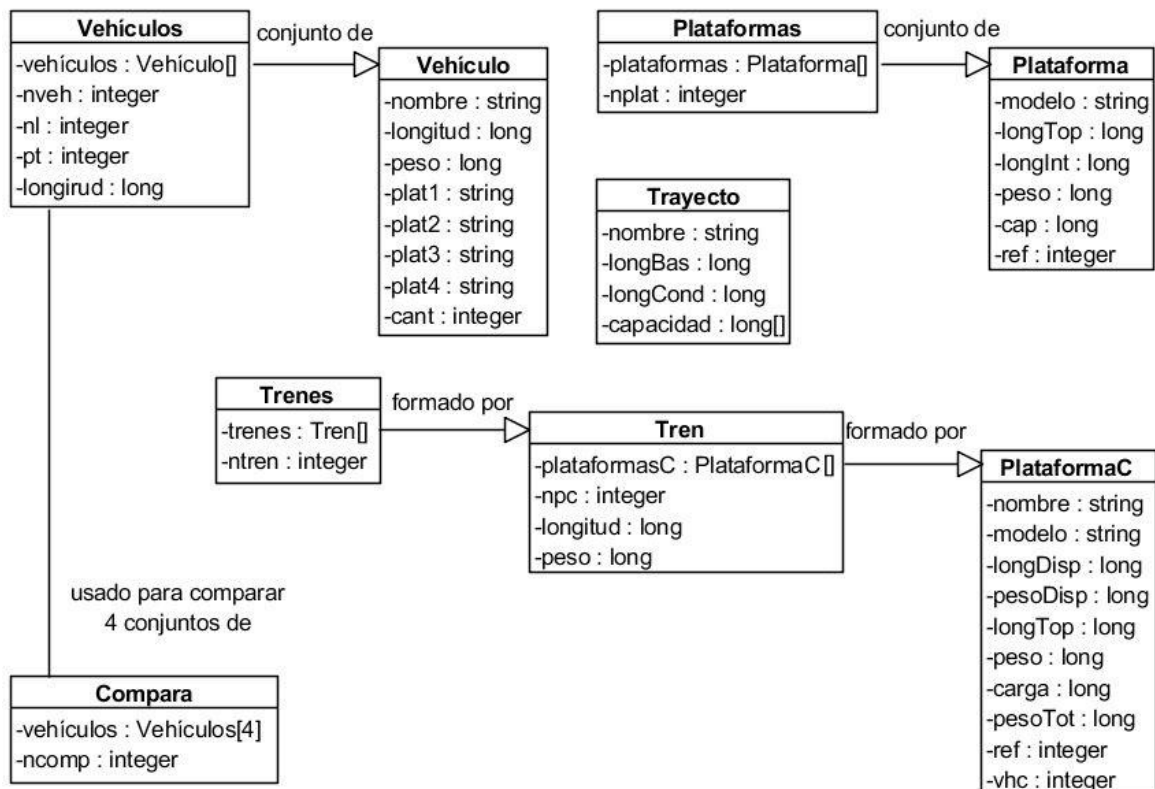


Figura 16: Diagrama de clases. Elaboración propia.

La estructura de datos está formada por un conjunto de matrices y tipos definidos de datos. Su estructura interna es la siguiente:

- Vehículo: nombre, longitud, peso, plataforma 1, plataforma 2, plataforma 3, plataforma 4 y cantidad. Los campos relativos a plataformas indican en qué modelo de plataforma puede ir transportado el vehículo y al mismo tiempo define el orden de preferencia de la plataforma elegida para ser cargado.
- Vehículos: está formado principalmente por la matriz vehículos(), cuyos componentes son del tipo Vehículo, y nveh, que representa el índice del último componente de la matriz. Los datos nl, pt y longitud son usados con la clase Compara para la optimización de la carga de la plataforma (su uso se puede observar en el apartado 5.2.3).
- Compara: está formado por la matriz vehículos(), cuyos componentes son del tipo Vehículos, y ncomp, que representa el índice del último componente de la matriz. Esta estructura se ha diseñado para hacer una comparación entre cuatro conjuntos distintos de vehículos que aspiran a ser cargados en una misma plataforma (su uso se puede observar en el apartado 5.2.3).
- Plataforma: modelo, longitud entre topes, longitud interior, peso, capacidad de carga y número de referencia.
- Plataformas: está formado por la matriz plataformas(), cuyos componentes son del tipo Plataforma, y nplat, que representa el índice del último componente de la matriz.
- Trayecto: nombre, longitud básica, longitud condicionada y la matriz capacidad() que contiene las capacidades de las locomotoras que van a ser usadas para transportar cada tren que se forme.

- **PlataformaC:** nombre, modelo, longitud disponible, peso disponible, longitud entre topes, peso, carga, peso total, número de referencia y vhc. Estos datos definen una plataforma cargada con vehículos. En el campo nombre se almacenan los nombres de los vehículos que van cargados, en el campo carga se almacena el peso de los vehículos que van cargados y el campo vhc es el número de vehículos que van cargados en la plataforma. Longitud disponible y peso disponible son restricciones que excluyen los vehículos que superen esa longitud o ese peso.
- **Tren:** está formado principalmente por la matriz `plataformasC()`, cuyos componentes son del tipo `PlataformaC`, y `npc`, que representa el índice del último componente de la matriz y el número de plataformas cargadas en un tren. Longitud y peso son restricciones que son usadas para finalizar la carga de un tren cuando éste supera la longitud máxima o la capacidad de la locomotora respectivamente.
- **Trenes:** está formado por la matriz `trenes()`, cuyos componentes son del tipo `Tren`, y `ntren`, que representa el índice del último componente de la matriz y el número de trenes cargados.

5.2.2. Algoritmo de optimización

Se ha realizado un diagrama de proceso (Figura 17) que detalla a alto nivel los pasos que sigue el algoritmo. Tras la introducción de los datos, el algoritmo cargará la estructura de datos declarada con la información relativa a los vehículos introducidos, el trayecto elegido y los tipos de plataformas disponibles para el transporte. El algoritmo procesará los datos (bucle de la Figura 17) y obtendrá como resultado una serie de trenes formados por un conjunto de plataformas cargadas. Cuando el algoritmo llegue a su fin, el resultado será grabado en tantos Cuadros de Composición como trenes se hayan formado y la estructura de datos dejará de estar declarada.

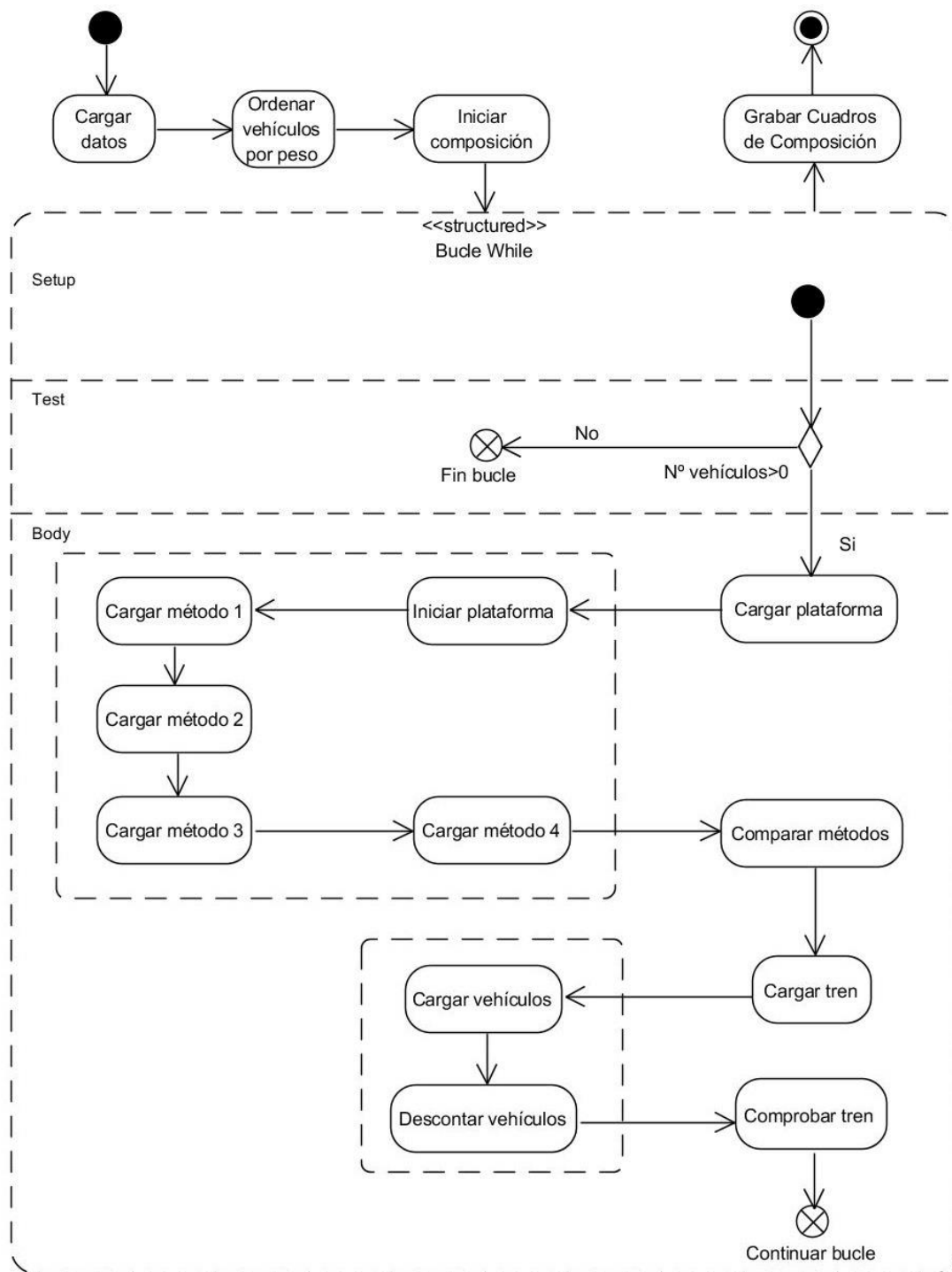


Figura 17: Diagrama de proceso del algoritmo. Elaboración propia.

5.3. Diseño del programa

En este apartado se realizan los algoritmos necesarios para el cumplimiento de los requisitos del usuario, previa elección del lenguaje de programación adecuado. El resultado de la codificación en lenguaje VBA se puede observar en el Anexo E.

A continuación se diseñará detalladamente el algoritmo de optimización con todos los procedimientos y subprocesos. El algoritmo seguirá los siguientes pasos:

1. Declarará la estructura de datos y almacenará en ella los datos grabados en la hoja Datos.
 - 1.1. Almacenará los datos relativos a los vehículos elegidos para el transporte.
 - 1.2. Almacenará los datos relativos al trayecto.
 - 1.3. Almacenará los datos relativos a las plataformas utilizadas para el transporte.
2. Ordenará la lista de vehículos de mayor peso a menor peso.
3. Iniciará la composición.
 - 3.1. Inicializará la estructura de datos Trenes.
 - 3.2. Añadirá un tren nuevo y lo preparará para comenzar la carga de plataformas.
4. Iniciará un bucle mientras queden vehículos por cargar.
 - 4.1. Cargará una misma plataforma de cuatro maneras distintas.
 - 4.1.1. Inicializará los datos de la plataforma a cargar.
 - 4.1.1.1. El modelo de la plataforma será la primera preferencia del primer vehículo de la lista.
 - 4.1.1.2. Cargará los demás datos de la plataforma relativos al modelo.
 - 4.1.2. Cargará la plataforma con vehículos siguiendo las especificaciones descritas en el primer método de carga de plataformas (más detalle en el Anexo E).
 - 4.1.2.1. Declarará unas variables temporales correspondientes a la plataforma a cargar y a la lista de vehículos que quedan por cargar. Así mismo declarará una variable local que contendrá la lista de vehículos elegidos para ser cargados en la plataforma.
 - 4.1.2.2. Inicializará las variables anteriores.
 - 4.1.2.3. Realizará repetidas veces una búsqueda entre los vehículos que quedan por cargar que cumplan las restricciones de la plataforma que va a ser cargada. La búsqueda será realizada según sea definida en el primer método, unas veces empezando por los vehículos más pesados de la lista de vehículos y otras empezando por los más ligeros.
 - 4.1.2.4. Los vehículos elegidos para ser cargados según en el primer método serán añadidos al primer elemento del tipo de datos estructurado Compara.
 - 4.1.3. Mismo proceso que el paso 4.1.2 pero siguiendo el segundo método de carga (más detalle en el Anexo E).
 - 4.1.4. Mismo proceso que el paso 4.1.2 pero siguiendo el tercer método de carga (más detalle en el Anexo E).
 - 4.1.5. Mismo proceso que el paso 4.1.2 pero siguiendo el cuarto método de carga (más detalle en el Anexo E).
 - 4.2. Comparará los cuatro elementos guardados en la estructura Compara y elegirá la más óptima según unos criterios definidos.
 - 4.2.1. Calculará el peso total, longitud total y número de vehículos ligeros para cada uno de los elementos de la estructura Compara.
 - 4.2.2. Si el peso total de todos los vehículos del elemento es inferior a 10 toneladas, el elemento elegido es el de mayor peso.
 - 4.2.3. Si el peso total de todos los vehículos del elemento es superior a 10 toneladas, el elemento elegido es el de mayor número de vehículos ligeros. En caso de empate, el elemento elegido es el de mayor longitud.
 - 4.3. Cargará el tren con la plataforma cargada.

- 4.3.1. Eliminará la lista de vehículos que se van a cargar de la lista de vehículos que quedan por cargar.
- 4.3.2. Cargará los vehículos elegidos en la plataforma a cargar.
- 4.4. Comprobará las restricciones del tren.
 - 4.4.1. Si la longitud del tren supera la longitud máxima o el peso del tren supera la capacidad máxima de la locomotora, iniciará un nuevo tren.
 - 4.4.2. Cargará la última plataforma del tren anterior en el nuevo tren.
 - 4.4.3. Descargará la última plataforma del tren anterior.
- 4.5. Si el número de trenes obtenido supera al número de locomotoras introducido, saldrá del bucle y notificará del error con un mensaje.
5. Grabará la información de los trenes obtenidos en tantos Cuadros de Composición como trenes se hayan formado.

5.4. Interfaz gráfica

La aplicación denominada AutoCompo ha sido diseñada usando el entorno gráfico de Microsoft Excel, a través del lenguaje de programación Visual Basic, que implementa los algoritmos necesarios para la formación de la composición ferroviaria. Este entorno gráfico permite que la aplicación pueda ser usada de una forma fácil e intuitiva, tener una interfaz de aspecto agradable y tener un formato conocido por el personal del CCMR. Se ha redactado un manual de usuario para facilitar el uso de la aplicación que puede ser consultado en el Anexo F.

El usuario podrá interactuar con la aplicación a través de una interfaz integrada en el entorno de Microsoft Excel. En la figura 18 se puede observar el aspecto de la hoja inicial y las distintas hojas disponibles.

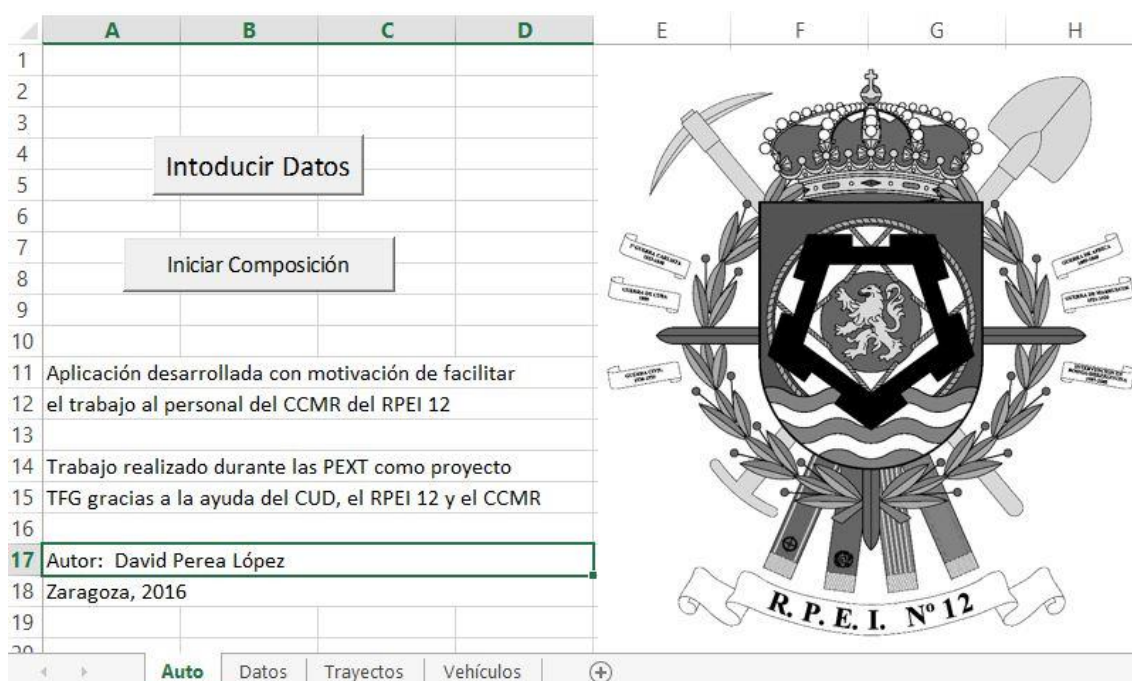


Figura 18: Interfaz de la aplicación AutoCompo. Fuente: el autor.

El personal del CCMR podrá gestionar fácilmente los vehículos y los trayectos accediendo a las hojas correspondientes y realizando los cambios oportunos. Para ello se han habilitado dos hojas de Excel; una para almacenar la información relativa a los

trayectos disponibles (Trayectos) y otra que contiene los datos necesarios de los vehículos que pueden ser transportados por ferrocarril (Vehículos).

El personal del CCMR podrá introducir los datos contenidos en la PT a través de un intuitivo formulario creado con los controles que ofrece Visual Basic. El aspecto del formulario se puede observar en la figura 19.

Figura 19: Formulario. Fuente: el autor.

El formulario está compuesto por los siguientes elementos:

- **ComboBox:** Trayecto, Vehículo y Remolque. Es un cuadro con una lista desplegable donde se puede seleccionar los datos que se encuentran en las hojas Trayectos y Vehículos.
- **TextBox:** Es una caja de texto que almacena temporalmente la información del trayecto y del vehículo que el usuario a elegido. Además permite su modificación para la elaboración en curso sin que se altere su estado original.
- **ListBox:** Es una matriz de datos que almacena todos los vehículos que se van añadiendo a la lista. Al pulsar dos veces sobre un elemento lo elimina.
- **Buttons:** Grabar Datos, Añadir a lista, Borrar lista y Borrar Hoja de Datos. Son botones que al pulsarlos realizan una tarea determinada.

Para más detalle de los controles empleados en su diseño y el funcionamiento del formulario cuando responde a ciertos eventos se puede consultar el manual de usuario en el Anexo F.

Se ha elaborado un diagrama de actividades que detalla el proceso de introducción de datos a través del formulario. El diagrama se puede observar en la figura 20.

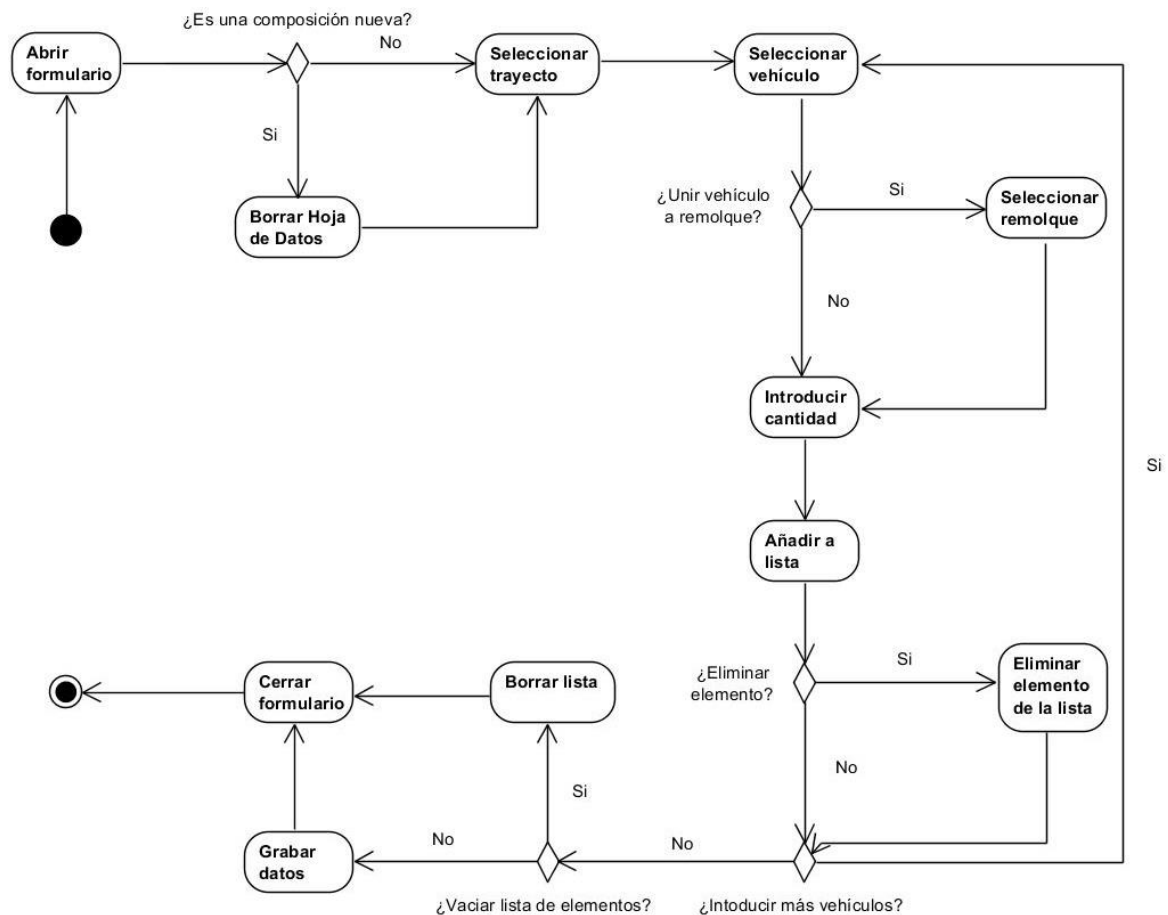


Figura 20: Diagrama de actividades de la introducción de datos. Elaboración propia.

El resultado de este proceso es la grabación de los datos introducidos en la hoja Datos de la aplicación. Cada vez que se llame al algoritmo, éste obtendrá de la hoja Datos la información necesaria para realizar los cálculos de la composición ferroviaria. Además, en caso de no obtener el resultado esperado, se podrán realizar modificaciones directamente sobre los datos introducidos para obtener un resultado mejor tal como se explica en el manual de usuario (Anexo F).

6. Validación de la aplicación

En este apartado se procede a la validación de la aplicación, comprobando su correcto funcionamiento y el cumplimiento de los requerimientos. Para ello se ha realizado un cuestionario de satisfacción (Anexo G) destinado a los usuarios. La aplicación ha sido sometida a un periodo de prueba y su funcionamiento ha sido corregido en la versión AutoCompo v0.0 que ha sido entregada al personal del CCMR.

6.1. Comparación de resultados

Se ha elegido una PT de un transporte ya realizado con el Cuadro de Composición obtenido manualmente por el personal del CCMR. Después, se ha usado la aplicación siguiendo los pasos descritos en el manual de usuario (Anexo F) para obtener un

Cuadro de Composición como resultado. Se han comparado los dos Cuadros de Composición para verificar que la aplicación es capaz de grabar los datos introducidos, procesarlos correctamente y obtener como resultado un correcto Cuadro de Composición optimizando los recursos.

La PT utilizada corresponde a un transporte ejecutado en Marzo de 2016 en la que material del BICC III/61 fue transportado por ferrocarril desde la base militar de El Goloso (Madrid) hasta el CENAD San Gregorio (Zaragoza). La información resumida de la PT puede observarse en la figura 21. El Cuadro de Composición elaborado por el personal del CCMR puede observarse resumidamente en la figura 22.

PT	1 DOCUMENTO QUE JUSTIFICA LA PT RPA - EX.PM LEON VI-X/16 /50 PAX/14CC,2VCPC/EL GOLOSOCENAD SG/FFCC				2 FECHA 28 Mar 16	3 Nº DE REGISTRO 50001160-16-100040
	4 PETICIONARIO, DIRECCIÓN BICC III/61 - MADRID (EL GOLOSO) (MADRID) CTRA. DE COLMENAR, KM.17,500		50001160	Tf 91 6599620 Fx Tx	5 DESTINATARIO PT, DIRECCIÓN CG BRIAC XII - MADRID (EL GOLOSO) (MADRID) CTRA. DE COLMENAR, KM.17,500	
6 REMITENTE DEL RECURSO, DIRECCIÓN BICC III/61 - MADRID (EL GOLOSO) (MADRID) CTRA. DE COLMENAR, KM.17,500 POC BG. ARENAS 817 6401		50001160	Tf 91 6599620 Fx Tx	7 SITUACIÓN DEL RECURSO, DIRECCIÓN BICC III/61 - MADRID (EL GOLOSO) (MADRID) C.P.28790 CTRA. DE COLMENAR, KM.17,500 POC BG. ARENAS 667724870		
8 CONSIGNATARIO, DIRECCIÓN POC			Tf Fx Tx	9 DESTINO FINAL DEL RECURSO, DIRECCIÓN CENAD SGREGORIO - ZARAGOZA (SAN GREGORIO) (ZARAGOZA) C.P.50110 CTRA. DE HUESCA, S/N POC BG. PAVÓN 8176380		
Nº ELEMENTOS		LARGO (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	RECURSO	CLASE
14		8,48	3,75	2,79	CARRO COMBATE LEOPARD 2 A4	7F0
4		6,92	3,00	2,67	VC/C PIZARRO SP-30SB PORTA-PERSONAL VCPC	7F0
15 EMPLEO, CARGO, FECHA						FIRMA Y SELLO
IDENTIFICACIÓN DE QUIEN FIRMA						SR. TCOL. JEM BRIAC XII

Figura 21: Petición de Transporte. Fuente: el autor.



FUERZA TERRESTRE

REGIMIENTO DE PONTONEROS Nº 12

MANDO DE INGENIEROS

BESP II/12

CELULA CONTROL MOVIMIENTO FERROCARRIL

CUADRO DE COMPOSICION PARA UN PROGRAMA DE TRANSPORTE

PETICIONES DE TRANSPORTE Nº 50001160-16-100040

ESCRITO SUBGES Nº 572/23/370 GES-TPTE 16702406274

DE FECHA 28-mar-16

DE FECHA 30-mar-16

Tren Nº M-001-I/M-002-R

UNIDAD: BICC III/61

ORIGEN: EL GOLOSO

FECHAS:

DESTINO:

IDA: 14-may.-16

REGRESO: 1-jun.-16

SAN GREGORIO

E F E C T I V O S				M A T E R I A L F E R R O V I A R I O						
PONTONEROS	OFICIALES SUPERIORES Y OFICIALES S			Nº	TIPO	EJE S	LT	TARA	TMM	TMB
	SUBOFICIALES	TROPA	TOTAL							
	12	36	50	1	LITERA	4	26,40	50	2	52
					SEGUNDA					
	14	CC LEOPARDO 2E	C-41	14	PMM-ER	56	175,00	298,2	882	1180,2
	4	VC/C PIZARRO		4	PMM-E	16	50,00	85,2	96	181,2
					PMM-ER					
T O T A L E S				19		76	251,40	433,4	980	1413,4

C-41: VEHÍCULOS QUE VIAJAN EN AMPARO DE LA CONSIGNA C-41

ZARAGOZA, 12 DE ABRIL DE 2016

LA TTE JEFE INTERINO CCMR

Resumen

Material

Ferrovioario


LITERA	1
PRIMERA	0
MMQC	0
PMM-E	4
M1	0
MM2	0
MA1	0
PMM-ER	14

Figura 22: Cuadro de Composición obtenido manualmente. Fuente: el autor.

La información contenida en la PT necesaria para ser introducida a través del formulario de la aplicación es:

- Trayecto: El Goloso-San Gregorio. La capacidad de la locomotora elegida deberá ser superior a 1.400t (doble tracción) para obtener un solo tren.
- 1º Vehículo: 14 unidades del CC LEOPARDO 2E.
- 2º Vehículo: 4 unidades del VCI/C PIZARRO.

El Cuadro de Composición obtenido con la aplicación AutoCompo se puede observar en la figura 23.



FUERZA TERRESTRE
REGIMIENTO DE PONTONEROS Nº 12
CELULA CONTROL MOVIMIENTO FERROCARRIL

MANDO DE INGENIEROS
BE SP II/12
CUADRO DE COMPOSICION PARA UN PROGRAMA DE TRANSPORTE

PETICIONES DE TRANSPORTE Nº _____ DE FECHA _____

ESCRITO DITRA Nº _____ DE FECHA _____

Tren Nº M-000-I/M-000-R

UNIDAD: _____

ORIGEN: _____

FECHAS: _____

DESTINO: _____

IDA: _____

REGRESO: _____

E F E C T I V O S		
PERSONAL	OFICIALES SUPERIORES Y OFICIALES SUBOFICIALES	TOTAL 0
	TROPA	
14	1 C.C. LEOPARDO 2 E	
4	1 VCI/C PIZARRO SP-30SB PORTA-PERSONAL	
18	T O T A L E S	

M A T E R I A L F E R R O V I A R I O						
Nº	TIPO	EJES	LT	TARA	TMM	TMB
1	LITERA	4	26,4	50,0	2,0	52,0
0	MMQC					
14	PMM-ER	56	175,0	298,2	882,0	1180,2
4	PMM-E	16	50,0	85,2	96,0	181,2
19	T O T A L E S	76	251,4	433,4	980,0	1413,4

C-41: VEHÍCULOS QUE VIAJAN EN AMPARO DE LA CONSIGNA C-41

ZARAGOZA, DE DE 2016

EL TTE CCMR

*Resumen
Material
Ferroviario*

LITERA	1
PRIMERA	0
MMQC	0
PMM-E	4
M-1	0
MM-2	0
PMM-ER	14

Figura 23: Cuadro de Composición obtenido con Autocompo. Fuente: el autor.

Comparando el resultado manual con el obtenido con la aplicación se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- La introducción de datos ha tomado un tiempo de aproximadamente un minuto y el tiempo de cálculo de la composición ha sido inferior a un segundo.
- El resultado obtenido es un Cuadro de Composición que mantiene el formato oficial y contiene la información relativa al transporte. La información que queda por completar es rellenada manualmente por el personal del CCMR.
- La distribución de vehículos por plataformas y la distribución de plataformas en el tren es idéntica. Así mismo, se han obtenido los mismos resultados relativos a la tara, carga, peso total, longitud total y número de plataformas usadas.

Con estos resultados se puede concluir que la aplicación ha realizado un cálculo óptimo de la composición ferroviaria. También es cierto que esta composición no presenta una gran dificultad para distribuir los vehículos de forma óptima ya que la dificultad aparece cuando hay una superior variedad de vehículos y una gran cantidad de vehículos ligeros.

Para casos donde no se obtiene un resultado óptimo en el primer cálculo, se puede recalcular una nueva composición cambiando los datos necesarios o directamente hacer modificaciones manualmente en la composición calculada. Se han realizado pruebas adicionales para casos de mayor complejidad, uno de ellos se puede observar en el ejemplo del manual de usuario (Anexo F).

6.2. Cuestionario de satisfacción

Se ha realizado un cuestionario de satisfacción (Anexo G) formado por 21 cuestiones agrupadas en 6 apartados principales para valorar el diseño de la aplicación, su funcionamiento y su utilidad para el CCMR. Las cuestiones se valoran en una escala de 1 a 10. El cuestionario ha sido respondido anónimamente por las cuatro personas destinadas en el CCMR haciendo uso de la aplicación.

Los resultados de las 21 cuestiones se pueden observar en la figura 24 y la valoración de los diferentes apartados evaluados se puede observar en la figura 25. Además de las valoraciones de cada apartado, en el cuestionario hay un recuadro por apartado para que los encuestados puedan hacer comentarios.

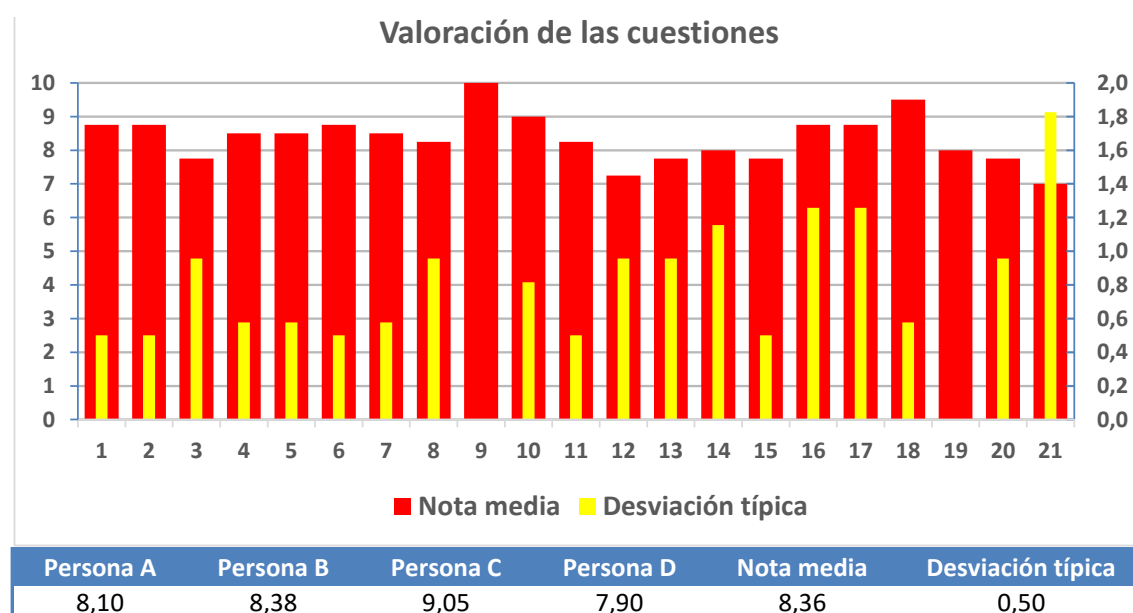


Figura 24: Gráfica de la valoración de las cuestiones. Elaboración propia.

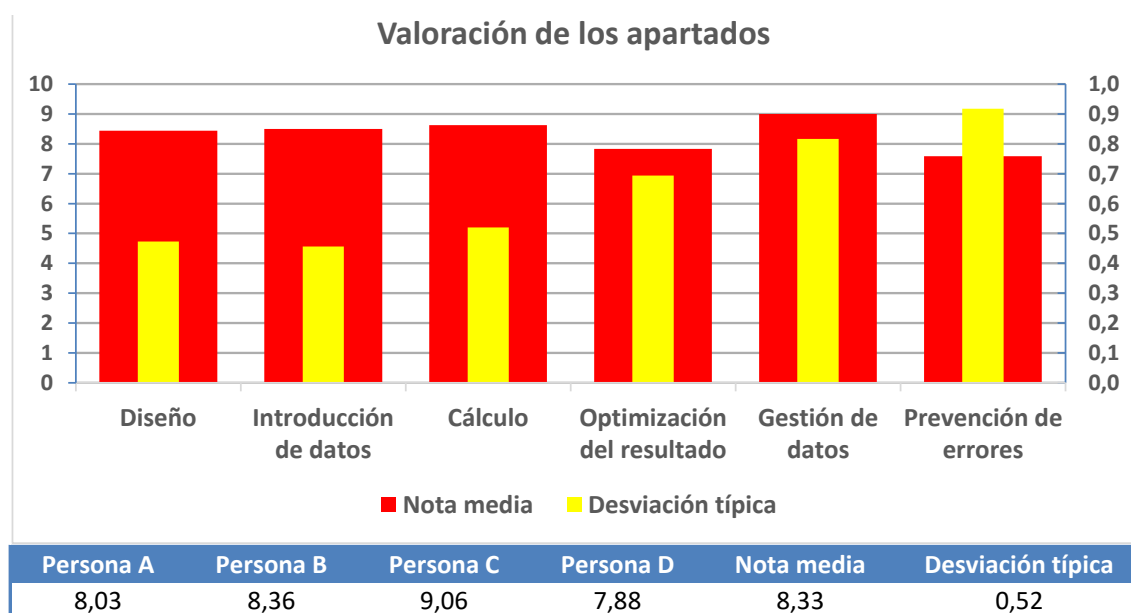


Figura 25: Gráfica de la valoración de los apartados. Elaboración propia.

Con los resultados observados en las figuras anteriores y con los comentarios realizados se han sacado las siguientes conclusiones:

Cuestiones

- El aspecto mejor valorado (cuestión 9) es la velocidad del algoritmo para calcular la composición ferroviaria. El segundo aspecto mejor valorado (cuestión 18) es la comodidad en la gestión de los contenedores de datos de los vehículos y los trayectos. Los apartados mejor valorados son la comodidad en la gestión de datos (Introducción de datos y Gestión de datos) y el cálculo de la composición (Cálculo).
- El aspecto peor valorado (cuestión 21) es la modificación de las limitaciones de diseño, posiblemente porque requiere acceder al código de programación y por lo tanto es más complejo. El segundo aspecto peor valorado (cuestión 12) es la detección de errores de ejecución en el cálculo. Los apartados peores valorados son la prevención de errores y la optimización del resultado.
- Los apartados relacionados con la parte gráfica de la aplicación (Diseño, e Introducción de datos) han obtenido unas valoraciones con menor desviación, mientras que los aspectos relacionados con el funcionamiento del algoritmo (Prevención de errores y Optimización del resultado) que requieren de unos conocimientos avanzados en el uso de la aplicación han obtenido unas valoraciones con mayor desviación.

Comentarios

- Los comentarios relacionados con la parte gráfica de la aplicación son positivos: el diseño es intuitivo y el uso es sencillo. Sin embargo, se sugiere que podría evolucionar a un formato web.
- Los comentarios relacionados con el cálculo del algoritmo y la modificación de datos difieren. Por un lado, la labor que hace la aplicación es positiva ya que reduce considerablemente el tiempo de elaboración de la composición. Por otro

lado, se sugiere que sea mejorada posteriormente de forma que no sea necesaria la intervención del personal y calcule la composición óptima en el primer resultado. Además, se valora que los cambios a realizar en la optimización del resultado y en el código son complicados, a pesar de estar explicado en el manual de usuario.

Se puede observar que la parte gráfica de la aplicación ha sido bien valorada y sus resultados apenas difieren, sin embargo la parte relacionada con el algoritmo y la optimización del resultado ha obtenido una valoración inferior y sus resultados difieren en mayor proporción. A pesar de tener una interfaz intuitiva, el uso de la aplicación para llegar a un resultado óptimo o realizar modificaciones en el código puede resultar complicado, aunque dependerá de la destreza del usuario. Las aclaraciones escritas en el código de programación (Anexo E) y el manual de usuario (Anexo F) pueden solucionar el problema anterior.

7. Trabajos futuros

La aplicación ha sido desarrollada con visión de ser mejorada, automatizada y ampliada. Durante el desarrollo de la aplicación se plantearon funcionalidades que no pudieron ser incorporadas en la aplicación por la complejidad que implicaría en el código o por la carencia de conocimiento del desarrollador sobre el lenguaje de programación Visual Basic. Finalmente, gracias al cuestionario de satisfacción, la aplicación ha sido valorada y se ha comprobado su utilidad para el personal del CCMR, el cual ha propuesto una serie de mejoras.

Siguiendo el orden en el cual se detectaron las posibles mejoras, se ha elaborado una lista de trabajos futuros, que podrían llevarse a cabo en una posible ampliación de la aplicación en otro futuro TFG.

- Cálculo monetario del transporte. Su incorporación se puede realizar con una pequeña modificación en el código de programación definiendo una serie de variables y sentencias en el lugar adecuado del algoritmo.
- Cálculo del transporte por carretera. Se puede ampliar la aplicación uniendo el transporte por ferrocarril y por carretera de forma que compararía el coste y el tiempo necesario para efectuar el transporte por diferentes medios.
- Integración del transporte internacional por ferrocarril. La aplicación ha sido desarrollada teniendo en cuenta la normativa nacional y las plataformas disponibles en TN. Para la ampliación a otros escenarios será necesario hacer un estudio distinto.
- Eliminación de las limitaciones de diseño. La aplicación ha sido desarrollada con limitaciones en la magnitud de las matrices, aunque Visual Basic permite su redimensionamiento con la sentencia *Redim*. Al estar diseñado con limitación de tamaño se evita caer en un bucle infinito si los datos estuvieran introducidos en otras unidades. Se puede incorporar un exhaustivo control de errores y eliminar las limitaciones de diseño con los conocimientos necesarios sin suponer un gran esfuerzo.

- Incorporación de un filtro de vehículos en el formulario. Un filtro en el formulario facilitaría la búsqueda de los vehículos en el ComboBox, sobre todo cuando ésta sea muy extensa. El lenguaje de programación C++ permite introducirlo directamente, sin embargo, realizarlo en VBA es una tarea laboriosa.
- Mejorar el algoritmo. Se puede mejorar el algoritmo de optimización de forma que no sea necesaria la intervención humana en el proceso. Realizar una mejora así puede suponer la creación de un problema de decisión de complejidad computacional NP-completo lo que implicaría un tiempo de cálculo muy superior y un mayor consumo de recursos.
- Adaptar la aplicación a otro formato. Se puede traducir el código a otro lenguaje de programación, como por ejemplo PHP. Se desconoce el esfuerzo necesario para realizarlo, pero la adaptación de la aplicación a un lenguaje como PHP le daría un formato web y permitiría la comunicación con servidores y actores de soporte. De esta forma se podría incorporar un control directo del mantenimiento de las plataformas y su disponibilidad, comunicándose con el sistema comercial de RENFE MERCANCIAS en el cual se puede saber el estado de cada plataforma con su número individual de referencia.

8. Conclusiones

Con los resultados obtenidos los apartados anteriores se puede concluir que la aplicación desarrollada cumple con los objetivos definidos al inicio de esta memoria, ya que reduce considerablemente el tiempo empleado en el cálculo de las composiciones ferroviarias y permite la ampliación y modificación de datos por parte del usuario. Para los casos más sencillos, la aplicación es capaz de calcular la composición óptima directamente, sin embargo, según la complejidad de la PT a resolver sea mayor, es necesaria una serie de modificaciones en los datos introducidos en diferentes iteraciones hasta obtener un resultado óptimo.

La realización del manual de usuario ha sido acertada, ya que ofrece la posibilidad de tener un mayor conocimiento acerca del funcionamiento de la aplicación y de la optimización de resultados, que junto con una mayor destreza del usuario adquirida con la práctica, determina el buen uso de la aplicación.

La aplicación desarrollada cumple con el alcance propuesto al inicio de esta memoria y ha sido desarrollada de forma que pueda ser ampliada y mejorada en trabajos futuros.

DIFUSIÓN DE RESULTADOS

La aplicación AutoCompo ha sido valorada positivamente por el CCMR y ha sido publicada en una nota de prensa (Figura 26)] en INTRANET DEFENSA.



INTRANET DEFENSA

MINISDEF > [ET](#) > FET > FUTER > MING > [RPEI 12](#) > [Noticias](#)

Noticias



NUEVA APLICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE COMPOSICIONES DE FFCC

09/11/2016
Ministerio de Defensa. Prensa Escrita Nacional

El Batallón de Especialidades II/12, encuadrado en el Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros Nº 12 (Monzalbarba), cuenta entre sus capacidades con la de gestionar el movimiento de unidades por ferrocarril. Para ello, una vez recibida la correspondiente Petición de Transporte (PT) de la unidad solicitante, se inicia un proceso de cálculo para transformar esa relación de personal y material en los vagones y plataformas necesarias para su transporte.

Este cálculo se ha realizado hasta la fecha de forma manual en base a las tablas de cálculo y la experiencia del Centro de Control de Movimientos por Ferrocarril (CCMR) del BESP II/12 pero, a partir de ahora, contará con una aplicación que lo realizará de forma automática, optimizando tiempos de cálculo, distribución de vehículos y materiales. Entre otros aspectos positivos, esta eficiencia se verá reflejada en un menor coste de transporte. Por supuesto, los conocimientos y experiencia del personal del CCMR seguirán siendo necesarios para controlar y aprobar el resultado.

Para evaluar la aplicación se realizó una prueba real con las PT de las unidades que han solicitado transporte por ferrocarril durante la primera quincena de noviembre. Tras realizar la evaluación de los resultados, éstos resultaron satisfactorios. En siguientes versiones se

propondrá integrar el transporte Intermodal (carretera – ferrocarril), e incluso la capacidad de realizar comparativas entre cadenas integradas de transporte.

El desarrollo de la aplicación ha sido posible gracias a los trabajos que ha realizado el CAC. D. David Perea López, de la AGM, durante la realización de sus Prácticas Externas en el BESP II/12, integrado en la Compañía de Ferrocarriles.



Aplicacion Carga Datos (Foto:RPEI 112)

Foto 1 (Foto:RPEI 12)

Figura 26: Nota de prensa de AutoCompo. Fuente: INTRANET DEFENSA.

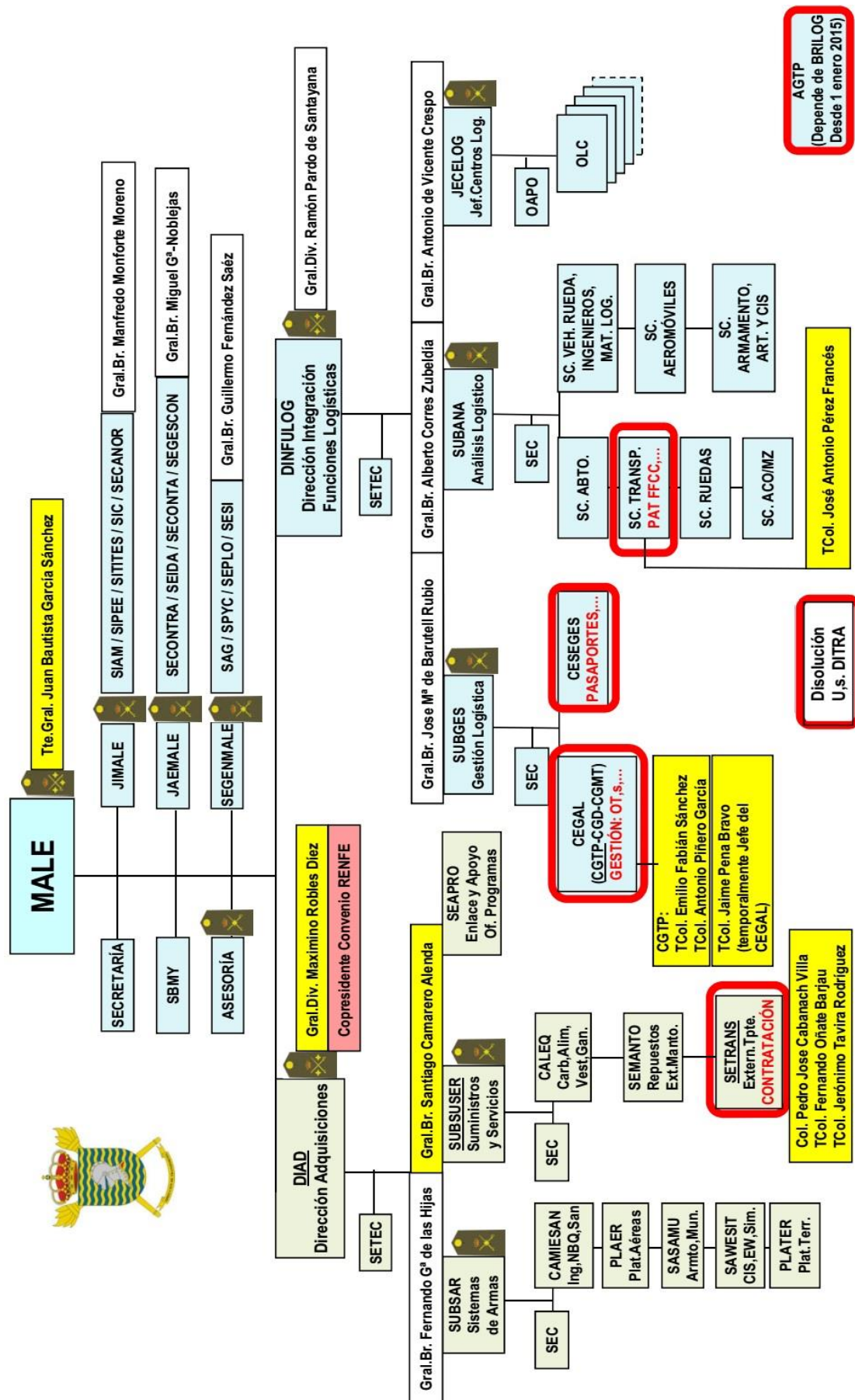
ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Centauro embarcando en el muelle “TRANSFER”. Fuente: el autor.	4
Figura 2: Gráfica del número de trenes por año. Elaboración propia.	4
Figura 3: Plano de la estación militar de ferrocarril San Gregorio. Fuente: MT5-007 [1].	5
Figura 4: Organigrama actual de la Cía. de Ferrocarriles. Elaboración propia.	6
Figura 5: Tractor de maniobra “HENSCHER”. Fuente: el autor.	7
Figura 6: Plataforma PMM-E. Fuente: MT5-007 [1].	10
Figura 7: Plataforma MM-2. Fuente: Catálogo de Vagones [12].	10
Figura 8: Colocación de calzos y rastreles. Fuente: Comunicado nº6 IG-66 [6].	12
Figura 9: Colocación de amarres. Fuente: Comunicado nº6 IG-66 [6].	12
Figura 10: Plataforma MQ. Fuente: Catálogo de Vagones [12].	13
Figura 11: Vagón tipo J. Fuente: Catálogo de Vagones [12].	14
Figura 12: Tolva. Fuente: Catálogo de Vagones [12].	14
Figura 13: Tarifas. Fuente: Convenio MINISDEF-RENFE Operadora [4].	15
Figura 14: Modelo en cascada. Elaboración propia.	19
Figura 15: Diagrama de casos de uso. Elaboración propia.	20
Figura 16: Diagrama de clases. Elaboración propia.	22
Figura 17: Diagrama de proceso del algoritmo. Elaboración propia.	24
Figura 18: Interfaz de la aplicación AutoCompo. Fuente: el autor.	26
Figura 19: Formulario. Fuente: el autor.	27
Figura 20: Diagrama de actividades de la introducción de datos. Elaboración propia.	28
Figura 21: Petición de Transporte. Fuente: el autor.	29
Figura 22: Cuadro de Composición obtenido manualmente. Fuente: el autor.	29
Figura 23: Cuadro de Composición obtenido con Autocompo. Fuente: el autor.	30
Figura 24: Gráfica de la valoración de las cuestiones. Elaboración propia.	31
Figura 25: Gráfica de la valoración de los apartados. Elaboración propia.	32
Figura 26: Nota de prensa de AutoCompo. Fuente: INTRANET DEFENSA.	35

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *MT5-007. Manual Técnico. Transporte por ferrocarril. Dirección de Servicios Técnicos del Ejército, diciembre de 2000.*
- [2] *IT 09/02. Instrucción Técnica. Procedimiento operativo sobre transportes en trenes especiales militares. Dirección de Transportes, junio de 2002.*
- [3] *NAI 2403/09. Seguimiento y control de trenes militares. Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros nº12, julio de 2009.*
- [4] *Convenio MINISDEF-RENFE Operadora 2017-20.*
- [5] *Instrucción General nº 66. Normativa de cargamento. RENFE, febrero de 2004.*
- [6] *Comunicado nº6 de la Instrucción General nº 66. Prescripciones para el transporte de vehículos militares de ruedas y cadenas. ADIF, junio de 2006.*
- [7] *Consigna Serie C nº 41. Normas para el transporte de vehículos militares de características excepcionales. ADIF, septiembre de 2012.*
- [8] *Programación en PHP a través de ejemplos. Manuel Palomo Duarte. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Cádiz. Cádiz.*
- [9] *Aprenda Visual Basic 6.0 como si estuviera en primero. Javier García de Jalón. Escuela Superior de Ingenieros Industriales. San Sebastián, agosto de 1999.*
- [10] *La programación en lenguaje Pascal. Centro de cálculo de la Universidad de Zaragoza. Zaragoza, 1988.*
- [11] *Declaración sobre la red. ADIF. 2015.*
- [12] *Catálogo de Vagones. RENFE. Noviembre de 2015.*

ANEXO A: ORGANIGRAMA DEL MALE



ANEXO B: PETICIÓN DE TRANSPORTE

T-500

ANVERSO

PT	1	DOCUMENTO QUE JUSTIFICA LA PT.			2	FECHA	3	N.º DE REGISTRO.	
4	PETICIONARIO, DIRECCIÓN.			Tf Fx Tx	5	DESTINATARIO PT., DIRECCIÓN.			
6	REMITENTE DEL RECURSO, DIRECCIÓN.			Tf Fx Tx	7	SITUACIÓN DEL RECURSO, DIRECCIÓN.			
8	CONSIGNATARIO, DIRECCIÓN.			Tf Fx Tx	9	DESTINO FINAL DEL RECURSO, DIRECCIÓN.			
10	AMPLIACIÓN DE DATOS.								
DESCRIPCIÓN DEL RECURSO									
11	PERSONAL: OFICIALES..... SUBOFICIALES..... TROPA..... TOTAL.....				ARMAMENTO IND. E IMPEDIMENTA. <input type="checkbox"/> SÍ (Táchese lo que no proceda) <input type="checkbox"/> NO				
OTROS		12	CLASE.		13	VOLUMEN (m³).		14	PESO (kg).
N.º DE ELEMENTOS	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	R E C U R S O				CÓDIGO	
15 EMPLEO, CARGO, FECHA. (FIRMA Y SELLO) IDENTIFICACIÓN DE QUIEN FIRMA.									

T-500

REVERSO

ACUSE DE RECIBO (A/R) / ACCIÓN (AC)									
16 A/R: _____ AC: (R) (D) (OT) (Táchese lo que no proceda) FIRMA Y SELLO	A/R: _____ AC: (R) (D) (OT) (Táchese lo que no proceda) FIRMA Y SELLO	A/R: _____ AC: (R) (D) (OT) (Táchese lo que no proceda) FIRMA Y SELLO							
DENEGACIÓN, MOTIVOS.									
OT	17 AUTORIDAD ORDENANTE _____	Tf Fx Tx	18 N.º DE ORDEN _____	19 FECHA _____					
20	RECORRIDO	21	CÓDIGO DE MEDIOS	22	A REALIZAR POR:	23	ESCOLTAS	24	CARBURANTE A CARGO DE
20.1		21.1		22.1					
20.2		21.2		22.2					
20.3		21.3		22.3				25	ÓRGANO QUE ABONA
20.4		21.4		22.4					
20.5		21.5		22.5					
20.6		21.6		22.6					
20.7		21.7		22.7					
26	NORMAS DE EJECUCIÓN				27	DESTINATARIOS			
					DE ACCIÓN:		DE INFORMACIÓN:		
28	AUTORIDAD ORDENANTE, EMPLEO, CARGO, FECHA.							FIRMA Y SELLO	
IDENTIFICACIÓN DE QUIEN FIRMA:									
29	DILIGENCIAS POSTERIORES, EMPLEO, CARGO Y FIRMA.								
30	CONTROL Y LIQUIDACIÓN DE COSTOS.								
30.1 MEDIOS MILITARES			30.2 MEDIOS CIVILES			30.3 TOTAL			
- DIETAS: _____									
- CARBURANTE: _____									
- PEAJES: _____									
SUMA: _____			SUMA: _____			31 FECHA DE TERMINACIÓN.			
32	REGISTRO INFORMÁTICO. NOMBRE, RÚBRICA Y SELLO.								

ANEXO C: CUADRO DE COMPOSICIÓN



FUERZA TERRESTRE

MANDO DE INGENIEROS

REGIMIENTO DE PONTONEROS Nº 12

BESP II/12

CELULA CONTROL MOVIMIENTO FERROCARRIL

CUADRO DE COMPOSICION PARA UN PROGRAMA DE TRANSPORTE

PETICIONES DE TRANSPORTE Nº

DE FECHA

ESCRITO DITRA Nº

DE FECHA

Tren Nº M-000-I/M-000-R

UNIDAD:
ORIGEN:

FECHAS:
DESTINO:

IDA: **REGRESO:**
SAN GREGORIO

EFFECTIVOS				MATERIAL FERROVIARIO						
PERSONAL	OFICIALES SUPERIORES Y OFICIALES			Nº	TIPO	EJES	LT	TARA	TMM	TMB
	SUBOFICIALES									
	TROPA	TOTAL	0							
MATERIAL MILITAR										
	0	TOTALES		0		0	0,0	0,0	0,0	0,0

C-41: VEHÍCULOS QUE VIAJAN EN AMPARO DE LA CONSIGNA C-41

ZARAGOZA, DE DE 2016
EL TTE CCMR

Resumen
Material
Ferroviario

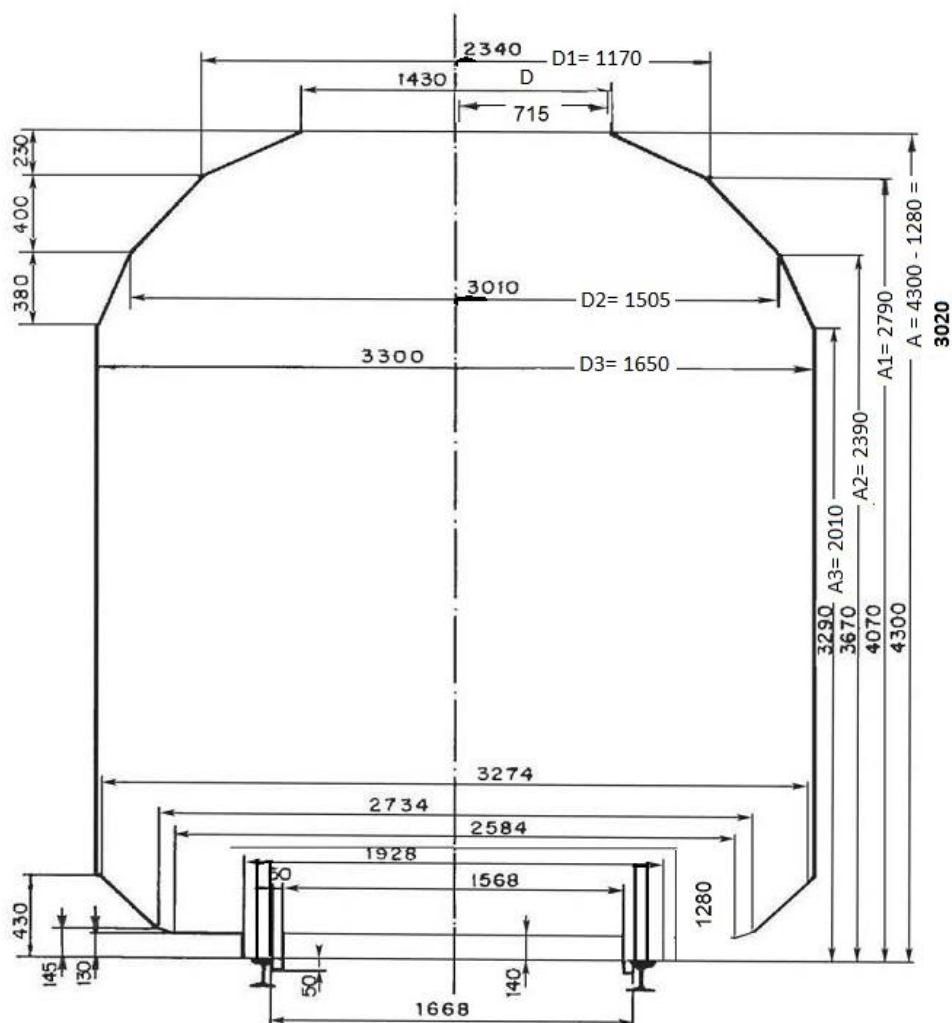
LITERA	0
PRIMERA	0
MMQC	0
PMM-E	0
M-1	0
MM-2	0
PMM-ER	0

(*) En cumplimiento de la IT 09/02 MALE, se utilizarán normalmente coches de primera clase; si el trayecto incluye seis o más horas dentro del tramo comprendido entre las 20'00 y las 07'00 del día siguiente se emplearán coches litera.

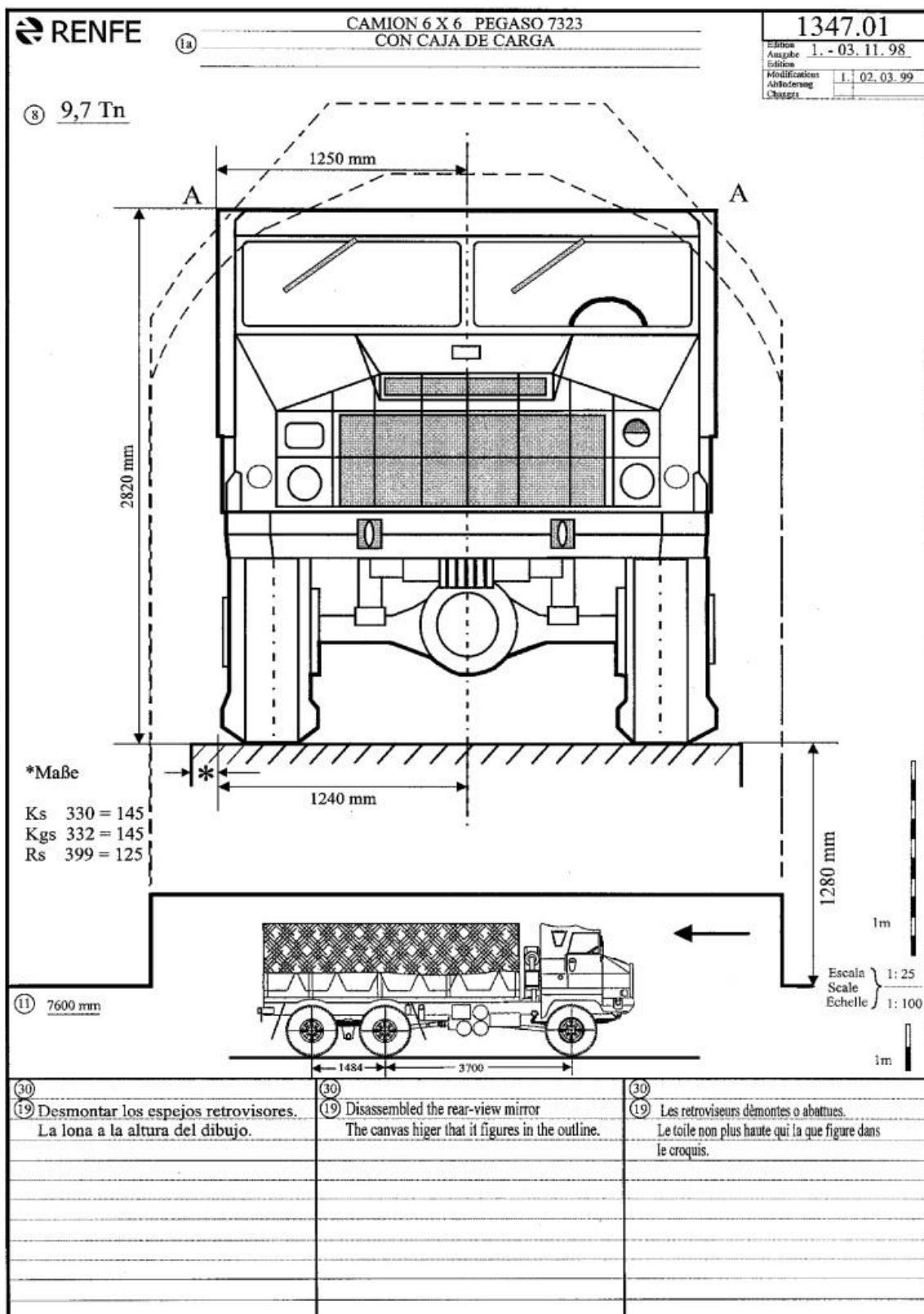
IDA:	SE SOLICITA LA LLEGADA A LA ESTACIÓN DE FF.CC. DE SAN GREGORIO A LAS HORAS DEL DÍA DE DE 2.016. SE SOLICITA EL INICIO DEL EMBARQUE A PARTIR DE LAS HORAS DEL DÍA DE DE 2.016.
REGRESO:	SE SOLICITA LA SALIDA DE LA ESTACIÓN DE FF.CC. DE SAN GREGORIO A LAS HORAS DEL DÍA DE DE 2.016. SE SOLICITA EL INICIO DEL EMBARQUE A PARTIR DE LAS HORAS DEL DÍA DE DE 2.016.

ANEXO D: FICHA DE GÁLIBO

GÁLIBO DE CARGAMENTO DE RENFE



Nota:- Los 1280 mm corresponde a la altura de la plataforma MM2, desde la cabeza del carril hasta el tablero de la misma. Después se suma la altura del vehículo a transportar hasta un máximo de 4300 mm, que nos da un semi-gálibo de 715 mm.



ANEXO E: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

'CÓDIGO DE LA HOJA AUTO

Option Explicit

```
'Cuando ocurre el evento definido como pulsar el botón del objeto
CB_Datos, activa la hoja datos y llama al formulario
Private Sub CB_Datos_Click()
    Worksheets("Datos").Activate
    form_Auto.Show
End Sub
```

```
'Cuando ocurre el evento definido como pulsar el botón del objeto
CB_Algoritmo, llama al algoritmo
Private Sub CB_Algoritmo_Click()
    Call Alg
End Sub
```

'CÓDIGO DEL FORMULARIO

Option Explicit

```
'Declaración de variable públicas para usarlas en cualquier
procedimiento
Public fila As Integer, i As Integer, nombre As String
```

```
'Cuando ocurre el evento definido como cambiar de valor el objeto
combo_trayecto, se cargan los datos referentes al trayecto en los
diferentes TextBox
Private Sub combo_trayecto_Change()
```

```
    'Cuenta el número de elementos que hay en el contenedor de datos
    de los trayectos
```

```
    fila = 3
    Do While Tray.Cells(fila, 2) <> ""
        fila = fila + 1
    Loop
```

```
    'Busca en esos elementos el valor de combo_trayecto y graba los
    datos correspondientes
```

```
    For i = 3 To fila - 1
        If Tray.Cells(i, 2) = Me.combo_trayecto Then
            Me.txt_trayecto = Tray.Cells(i, 2)
            Me.txt_basica = Tray.Cells(i, 3)
            Me.txt_condicional = Tray.Cells(i, 4)
            Me.txt_capacidad1 = Tray.Cells(i, 5)
            Me.txt_capacidad2 = Tray.Cells(i, 6)
            Me.txt_capacidad3 = Tray.Cells(i, 7)
            Me.txt_capacidad4 = Tray.Cells(i, 8)
            Me.txt_capacidad5 = Tray.Cells(i, 9)
            Me.txt_capacidad6 = Tray.Cells(i, 10)
            Me.txt_capacidad7 = Tray.Cells(i, 11)
```

```

        Me.txt_capacidad8 = Tray.Cells(i, 12)
        Me.txt_capacidad9 = Tray.Cells(i, 13)
        Me.txt_capacidad10 = Tray.Cells(i, 14)
        Me.txt_capacidad11.SetFocus
    End If
Next i

End Sub

'Cuando ocurre el evento definido como cambiar de valor el objeto
combo_vehiculo, se cargan los datos referentes al vehiculo en los
diferentes TextBox
Private Sub combo_vehiculo_Change()

    'Cuenta el número de elementos que hay en el contenedor de datos
de los vehiculos
    fila = 2
    Do While VH.Cells(fila, 3) <> ""
        fila = fila + 1
    Loop

    'Busca en esos elementos el valor de combo_vehiculo y graba los
datos correspondientes
    For i = 2 To fila - 1
        If VH.Cells(i, 3) = Me.combo_vehiculo Then
            Me.txt_vehiculo = VH.Cells(i, 3)
            Me.txt_vlong = VH.Cells(i, 4)
            Me.txt_vpeso = VH.Cells(i, 5)
            Me.txt_vplat1 = VH.Cells(i, 6)
            Me.txt_vplat2 = VH.Cells(i, 7)
            Me.txt_vplat3 = VH.Cells(i, 8)
            Me.txt_vplat4 = VH.Cells(i, 9)
            Me.txt_cant.SetFocus
        End If
    Next i

End Sub

'Cuando ocurre el evento definido como cambiar de valor el objeto
combo_remolque, se cargan los datos referentes al remolque en los
diferentes TextBox
Private Sub combo_remolque_Change()

    'Cuenta el número de elementos que hay en el contenedor de datos
de los vehiculos
    fila = 2
    Do While VH.Cells(fila, 3) <> ""
        fila = fila + 1
    Loop

    'Busca en esos elementos el valor de combo_remolque y graba los
datos correspondientes
    For i = 2 To fila - 1
        If VH.Cells(i, 10) = "s" Then      'Filtra los vehiculos que son
remolques
            If VH.Cells(i, 3) = Me.combo_remolque Then
                Me.txt_remolque = VH.Cells(i, 3)
                Me.txt_rlong = VH.Cells(i, 4)
                Me.txt_rpeso = VH.Cells(i, 5)
            End If
        End If
    Next i

End Sub

```

```

        Me.txt_rplat1 = VH.Cells(i, 6)
        Me.txt_rplat2 = VH.Cells(i, 7)
        Me.txt_rplat3 = VH.Cells(i, 8)
        Me.txt_rplat4 = VH.Cells(i, 9)
        Me.txt_cant.SetFocus
    End If
End If
Next i

End Sub

'Cuando ocurre el evento definido como pulsar el botón del objeto
CB_AddLista, realiza una serie de comprobaciones y, si está todo
correcto, añade un elemento a una lista de vehículos
Private Sub CB_AddLista_Click()

    'Definición las variables locales del procedimiento
    Dim sumalong As Long, sumaPeso As Long, plat1 As String, plat2 As
String, plat3 As String, plat4 As String

    'Si falta algún dato necesario, sale un mensaje de error y no
graba los datos
    If (Me.txt_vehiculo = "" Or Me.txt_vlong = "" Or Me.txt_vpeso = ""
Or Me.txt_vplat1 = "" Or Me.txt_cant = "") Or _
        ((Me.txt_remolque = "") Xor (Me.txt_rlong = "" Or Me.txt_rpeso
= "" Or Me.txt_rplat1 = "")) Then
        MsgBox "No puede haber campos vacios" & Chr(13) & Chr(13) &
"Vehiculo: " & Me.txt_vehiculo & Chr(13) & _
            "Longitud: " & Me.txt_vlong & Chr(13) & "Peso: " &
Me.txt_vpeso & Chr(13) & "Cantidad: " & Me.txt_cant

        If Me.txt_vlong = "" Then 'Coloca el cursor en el dato que
falta
            Me.txt_vlong.SetFocus
        ElseIf Me.txt_vpeso = "" Then
            Me.txt_vpeso.SetFocus
        ElseIf Me.txt_cant = "" Then
            Me.txt_cant.SetFocus
        End If
        GoTo fin 'Salta los pasos de grabación de datos
    End If

    'Guarda el nombre
    If Me.txt_remolque <> "" Then
        nombre = Me.txt_vehiculo & " + " & Me.txt_remolque
    Else
        nombre = Me.txt_vehiculo
    End If

    'Guarda el peso y la longitud
    sumalong = Val(Me.txt_vlong) + Val(Me.txt_rlong)
    sumaPeso = Val(Me.txt_vpeso) + Val(Me.txt_rpeso)

    'Guarda los tipos de plataformas
    'Si no hay remolque
    If Me.txt_remolque = "" Then
        plat1 = Me.txt_vplat1
        plat2 = Me.txt_vplat2
        plat3 = Me.txt_vplat3
        plat4 = Me.txt_vplat4
    End If
End Sub

```

```

'Si hay remolque
Else
    If (Me.txt_vplat1 = Me.txt_rplat1) Or _
        (Me.txt_vplat1 = Me.txt_rplat2) Or _
        (Me.txt_vplat1 = Me.txt_rplat3) Or _
        (Me.txt_vplat1 = Me.txt_rplat4) Then
        plat1 = Me.txt_vplat1
    End If
    If (Me.txt_vplat2 = Me.txt_rplat1) Or _
        (Me.txt_vplat2 = Me.txt_rplat2) Or _
        (Me.txt_vplat2 = Me.txt_rplat3) Or _
        (Me.txt_vplat2 = Me.txt_rplat4) Then
        plat2 = Me.txt_vplat2
    End If
    If (Me.txt_vplat3 = Me.txt_rplat1) Or _
        (Me.txt_vplat3 = Me.txt_rplat2) Or _
        (Me.txt_vplat3 = Me.txt_rplat3) Or _
        (Me.txt_vplat3 = Me.txt_rplat4) Then
        plat3 = Me.txt_vplat3
    End If
    If (Me.txt_vplat4 = Me.txt_rplat1) Or _
        (Me.txt_vplat4 = Me.txt_rplat2) Or _
        (Me.txt_vplat4 = Me.txt_rplat3) Or _
        (Me.txt_vplat4 = Me.txt_rplat4) Then
        plat4 = Me.txt_vplat4
    End If
    'Si el vehículo y el remolque son incompatibles aparece un
mensaje
    If plat1 = "" And plat2 = "" And plat3 = "" And plat4 = ""
Then
        MsgBox "Vehículo incompatible con remolque"
        GoTo fin      'Salta los pasos de grabación de datos
    End If
End If

'Cuenta los elementos que hay en la lista, añade uno nuevo y graba
los datos guardados anteriormente
i = Me.ListBox1.ListCount
Me.ListBox1.AddItem nombre
Me.ListBox1.List(i, 1) = sumalong
Me.ListBox1.List(i, 2) = sumaPeso
Me.ListBox1.List(i, 3) = plat1
Me.ListBox1.List(i, 4) = plat2
Me.ListBox1.List(i, 5) = plat3
Me.ListBox1.List(i, 6) = plat4
Me.ListBox1.List(i, 7) = Val(Me.txt_cant)

'Vacía todos los campos para poder introducir nuevos datos
With form_Auto
    .combo_vehiculo = ""
    .combo_remolque = ""
    .txt_vpeso = ""
    .txt_rpeso = ""
    .txt_vehiculo = ""
    .txt_remolque = ""
    .txt_vlong = ""
    .txt_rlong = ""
    .txt_vplat1 = ""
    .txt_vplat2 = ""
    .txt_vplat3 = ""
    .txt_vplat4 = ""

```

```

.txt_rplat1 = ""
.txt_rplat2 = ""
.txt_rplat3 = ""
.txt_rplat4 = ""
.txt_cant = ""
End With

fin:
End Sub

'Cuando ocurre el evento definido como pulsar el botón del objeto
CB_BorrarLista, vacía la lista de vehículos y aparece un mensaje
Private Sub CB_BorrarLista_Click()

    Me.ListBox1.Clear
    MsgBox "Lista borrada"

End Sub

'Cuando ocurre el evento definido como pulsar el botón del objeto
CB_GrabarDatos, graba todos los datos que van a ser usados para el
transporte
Private Sub CB_GrabarDatos_Click()

    'Definición las variables locales del procedimiento
    Dim j As Integer

    Worksheets("Datos").Activate    'Activa la hoja Datos

    'Si faltan datos necesarios para el transporte no realiza la
    grabación de datos y aparece un mensaje
    If Me.ListBox1.ListCount = 0 Or (Datos.Cells(2, 10).Value = "" And
    Me.txt_trayecto = "") Then
        MsgBox "No ha introducido los datos necesarios de la PT"
        GoTo fin    'Salta los pasos de grabación de datos
    End If

    'Si no se ha introducido el trayecto no graba ningún dato relativo
    al trayecto
    If Me.txt_trayecto <> "" Then
        Datos.Cells(2, 10) = Me.txt_trayecto
        Datos.Cells(2, 11) = Val(Me.txt_basica)
        Datos.Cells(2, 12) = Val(Me.txt_condicional)
        Datos.Cells(2, 13) = Val(Me.txt_capacidad1)
        Datos.Cells(2, 14) = Val(Me.txt_capacidad2)
        Datos.Cells(2, 15) = Val(Me.txt_capacidad3)
        Datos.Cells(2, 16) = Val(Me.txt_capacidad4)
        Datos.Cells(2, 17) = Val(Me.txt_capacidad5)
        Datos.Cells(3, 13) = Val(Me.txt_capacidad6)
        Datos.Cells(3, 14) = Val(Me.txt_capacidad7)
        Datos.Cells(3, 15) = Val(Me.txt_capacidad8)
        Datos.Cells(3, 16) = Val(Me.txt_capacidad9)
        Datos.Cells(3, 17) = Val(Me.txt_capacidad10)
    End If

    'Cuenta el número de vehículos que hay en la hoja Datos
    fila = 2
    Do While Datos.Cells(fila, 1) <> ""
        fila = fila + 1
    
```

```

Loop

'Graba la fecha indicando el inicio del primer vehículo
introducido
Datos.Cells(fila, 9) = Me.txt_fecha

'Graba toda la lista de vehículos en la hoja Datos empezando por
la primera fila libre
For i = 0 To Me.ListBox1.ListCount - 1
    Datos.Cells(fila, 1) = Me.ListBox1.List(i, 0)
    Datos.Cells(fila, 2) = Me.ListBox1.List(i, 1)
    Datos.Cells(fila, 3) = Me.ListBox1.List(i, 2)
    Datos.Cells(fila, 4) = Me.ListBox1.List(i, 3)
    Datos.Cells(fila, 5) = Me.ListBox1.List(i, 4)
    Datos.Cells(fila, 6) = Me.ListBox1.List(i, 5)
    Datos.Cells(fila, 7) = Me.ListBox1.List(i, 6)
    Datos.Cells(fila, 8) = Me.ListBox1.List(i, 7)
    fila = fila + 1
Next i

'Cuenta el número de elementos que hay en el contenedor de datos
de las plataformas
fila = 3
Do While Plataformas.Cells(fila, 2) <> ""
    fila = fila + 1
Loop

'Graba las plataformas que se van a usar en la hoja Datos
j = 1
For i = 3 To fila - 1
    If Plataformas.Cells(i, 12) = "s" Then 'Filtra las
plataformas que se van a usar
        j = j + 1
        Datos.Cells(j, 18) = Plataformas.Cells(i, 2)
        Datos.Cells(j, 19) = Plataformas.Cells(i, 6)
        Datos.Cells(j, 20) = Plataformas.Cells(i, 7)
        Datos.Cells(j, 21) = Plataformas.Cells(i, 5)
        Datos.Cells(j, 22) = Plataformas.Cells(i, 11)
        Datos.Cells(j, 23) = Plataformas.Cells(i, 1)
    End If
Next i

'Aparece un mensaje de confirmación
MsgBox "Datos grabados"

fin:
End Sub

'Cuando ocurre el evento definido como pulsar el botón del objeto
CB_BorrarDatos, borra todos los datos que se encuentren en la hoja
Datos
Private Sub CB_BorrarDatos_Click()

    Worksheets("Datos").Activate    'Activa la hoja Datos

    'Aparece un mensaje para confirmar el borrado de datos
    nombre = MsgBox("Se va a proceder a borrar los datos (S/N)",
vbYesNo)

    'Si la espuesta en sí, borra los datos

```



```

Select Case nombre
    Case vbYes
        fila = 2
        Do While Datos.Cells(fila, 1) <> ""
            fila = fila + 1
        Loop
        If fila > 2 Then
            fila = fila + 5
            For i = fila To 2 Step -1
                Rows(i).Delete
            Next i
        End If
        MsgBox "Datos borrados"
End Select

End Sub

'Cuando ocurre el evento definido como pulsar dos veces un elemento
del objeto ListBox1, borra el elemento pulsado
Private Sub ListBox1_DblClick(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)

    'Aparece un mensaje para confirmar el borrado del elemento
    nombre = MsgBox("¿Desea eliminar el elemento " &
Me.ListBox1.ListIndex & "?", vbYesNo)

    'Si la espuesta en sí, borra el elemento
    Select Case nombre
        Case vbYes
            Me.ListBox1.RemoveItem (Me.ListBox1.ListIndex)
    End Select

End Sub

'Inicializa los componentes del formulario
Private Sub UserForm_Initialize()

    Me.txt_fecha = Format(Date, "long date")      'Graba la fecha

    'Cuenta el número de elementos que hay en el contenedor de datos
    de los trayectos
    fila = 3
    Do While Tray.Cells(fila, 2) <> ""
        fila = fila + 1
    Loop

    'Añade a combo_trayecto los trayectos de la hoja Tray
    For i = 3 To fila - 1
        Me.combo_trayecto.AddItem Tray.Cells(i, 2)
    Next i

    'Cuenta el número de elementos que hay en el contenedor de datos
    de los vehiculos
    fila = 2
    Do While VH.Cells(fila, 3) <> ""
        fila = fila + 1
    Loop

```

```

'Añade a combo_vehiculo los vehiculos de la hoja VH
For i = 2 To fila - 1
    Me.combo_vehiculo.AddItem VH.Cells(i, 3)
Next i

'Cuenta el número de elementos que hay en el contenedor de datos
de los vehiculos
fila = 2
Do While VH.Cells(fila, 3) <> ""
    fila = fila + 1
Loop

'Añade a combo_remolque los remolques de la hoja VH
For i = 2 To fila - 1
    If VH.Cells(i, 10) = "s" Then 'Filtra los vehículos que son
remolques
        Me.combo_remolque.AddItem VH.Cells(i, 3)
    End If
Next i

End Sub

```

'CÓDIGO DEL ALGORITMO

```

Option Explicit

'Declaración de la estructura de datos
Public Type Tvehiculo
    nombre As String
    longitud As Long
    peso As Long
    plat1 As String
    plat2 As String
    plat3 As String
    plat4 As String
    cant As Integer
End Type

Public Type Tvehiculos
    nveh As Integer
    vehiculos(1 To 40) As Tvehiculo
    nl As Integer
    pt As Long
    longitud As Long
End Type

Public Type Tcompara
    ncomp As Integer
    vehiculos(1 To 4) As Tvehiculos
End Type

Public Type Tplataforma
    modelo As String
    longTop As Long
    longInt As Long

```

```

    peso As Long
    cap As Long
    ref As Integer
End Type

Public Type Tplataformas
    nplat As Integer
    Plataformas(1 To 6) As Tplataforma
End Type

Public Type Ttrayecto
    nombre As String
    longBas As Long
    longCond As Long
    capacidad(1 To 10) As Long
End Type

Public Type TplataformaC
    nombre As String
    modelo As String
    longDisp As Long
    pesoDisp As Long
    longTop As Long
    peso As Long
    carga As Long
    pesoTot As Long
    ref As Integer
    vhc As Integer
End Type

Public Type Ttren
    npc As Integer
    plataformasC(1 To 50) As TplataformaC
    longitud As Long
    peso As Long
End Type

Public Type Ttrenes
    ntren As Integer
    trenes(1 To 10) As Ttren
End Type

'Declaración de las variables globales
Public Pvehiculos As Tvehiculos, Pvheleg As Tvehiculos, Pplataformas
As Tplataformas, Ptrayecto As Ttrayecto, Ptrenes As Ttrenes, Pcompara
As Tcompara

'Procedimiento principal del algoritmo
Sub Alg()

    'Carga los datos grabados en la hoja Datos
    Call cargarDatos(Pvehiculos, Ptrayecto, Pplataformas)
    'Ordena los vehículos por peso
    Call ordenarPeso(Pvehiculos)
    'Inicializa la estructura de datos de los trenes
    Ptrenes.ntren = 0
    Call iniciarTren(Ptrenes, Ptrayecto)

```

```

'Declara un bucle mientras queden vehículos por cargar en los
trenes
While Pvehiculos.nveh > 0
    'Carga una misma plataforma de varias maneras diferentes
    Call cargarPlataforma(Pplataformas, Pvehiculos, Ptrenes,
Pcompara)
    'Compara las distintas maneras y elige la más óptima
    Call comparar(Pcompara, Pvheleg)
    'Carga los vehículos elegidos
    Call cargar(Pvehiculos, Pvheleg, Ptrenes)
    'Comprueba las restricciones de longitud y peso del tren
    Call comprobarTren(Ptrayecto, Ptrenes)
    'Si el algoritmo obtiene más trenes que locomotoras se han
introducido, detiene el proceso y avisa con un mensaje
    If Ptrayecto.capacidad(Ptrenes.ntren) = 0 Then
        With Ptrenes

.trenes(.ntren).plataformasC(.trenes(.ntren).npc).nombre = "ERROR, se
necesitan más locomotoras"
            GoTo fin
        End With
    End If
Wend

fin:
'Graba el resultado en los Cuadros de Composición necesarios
Call grabarHojas(Ptrenes)

End Sub

'Procedimiento que almacena en la estructura de datos declarada los
datos grabados en la hoja Datos
Sub cargarDatos(vehiculos As Tvehiculos, trayecto As Ttrayecto,
Plataformas As Tplataformas)

    'Declaración de variables locales
    Dim i As Integer

    'Almacena los datos relativos a los vehículos
    i = 2
    vehiculos.nveh = 0
    While Datos.Cells(i, 1) <> ""
        If Datos.Cells(i, 8).Value > 0 Then
            vehiculos.nveh = vehiculos.nveh + 1
            vehiculos.vehiculos(vehiculos.nveh).nombre =
Datos.Cells(i, 1).Value
            vehiculos.vehiculos(vehiculos.nveh).longitud =
Datos.Cells(i, 2).Value
            vehiculos.vehiculos(vehiculos.nveh).peso = Datos.Cells(i,
3).Value
            vehiculos.vehiculos(vehiculos.nveh).plat1 = Datos.Cells(i,
4).Value
            vehiculos.vehiculos(vehiculos.nveh).plat2 = Datos.Cells(i,
5).Value
            vehiculos.vehiculos(vehiculos.nveh).plat3 = Datos.Cells(i,
6).Value
            vehiculos.vehiculos(vehiculos.nveh).plat4 = Datos.Cells(i,
7).Value
            vehiculos.vehiculos(vehiculos.nveh).cant = Datos.Cells(i,
8).Value
        End If
        i = i + 1
    End While
End Sub

```

```

        End If
        i = i + 1
    Wend

    'Almacena los datos relativos al trayecto
    trayecto.nombre = Datos.Cells(2, 10).Value
    trayecto.longBas = Datos.Cells(2, 11).Value
    trayecto.longCond = Datos.Cells(2, 12).Value
    trayecto.capacidad(1) = Datos.Cells(2, 13).Value
    trayecto.capacidad(2) = Datos.Cells(2, 14).Value
    trayecto.capacidad(3) = Datos.Cells(2, 15).Value
    trayecto.capacidad(4) = Datos.Cells(2, 16).Value
    trayecto.capacidad(5) = Datos.Cells(2, 17).Value
    trayecto.capacidad(6) = Datos.Cells(3, 13).Value
    trayecto.capacidad(7) = Datos.Cells(3, 14).Value
    trayecto.capacidad(8) = Datos.Cells(3, 15).Value
    trayecto.capacidad(9) = Datos.Cells(3, 16).Value
    trayecto.capacidad(10) = Datos.Cells(3, 17).Value

    'Almacena los datos relativos a los modelos de plataformas usadas
    i = 2
    Plataformas.nplat = 0
    While Datos.Cells(i, 18) <> ""
        Plataformas.nplat = Plataformas.nplat + 1
        Plataformas.Plataformas(Plataformas.nplat).modelo =
        Datos.Cells(i, 18).Value
        Plataformas.Plataformas(Plataformas.nplat).longTop =
        Datos.Cells(i, 19).Value
        Plataformas.Plataformas(Plataformas.nplat).longInt =
        Datos.Cells(i, 20).Value
        Plataformas.Plataformas(Plataformas.nplat).peso =
        Datos.Cells(i, 21).Value
        Plataformas.Plataformas(Plataformas.nplat).cap =
        Datos.Cells(i, 22).Value
        Plataformas.Plataformas(Plataformas.nplat).ref =
        Datos.Cells(i, 23).Value
        i = i + 1
    Wend

End Sub

'Procedimiento que ordena los vehiculos de mayor a menor peso
Sub ordenarPeso(vehiculos As Tvehiculos)

    Dim i As Integer, j As Integer, aux As Tvehiculo

    For i = 2 To vehiculos.nveh
        aux = vehiculos.vehiculos(i)
        j = i
        While (j > 1)
            If vehiculos.vehiculos(j - 1).peso < aux.peso Then
                vehiculos.vehiculos(j) = vehiculos.vehiculos(j - 1)
                vehiculos.vehiculos(j - 1) = aux
            End If
            j = j - 1
        Wend
    Next

End Sub

```

```

'Procedimiento que inicializa los datos de un tren nuevo
Sub iniciarTren(trenes As Ttrenes, trayecto As Ttrayecto)

    trenes.ntren = trenes.ntren + 1
    With trenes.trenes(trenes.ntren)
        .longitud = 46000
        .peso = 52000
        .npc = 0
        'Para composición con locomotora en doble tracción
        If trayecto.capacidad(trenes.ntren) > 1200000 Then
            .longitud = .longitud + 20000
        End If
    End With

End Sub

'Procedimiento que carga una misma plataforma de varias maneras
distintas
Sub cargarPlataforma(Plataformas As Tplataformas, vehiculos As
Tvehiculos, trenes As Ttrenes, compara As Tcompara)

    Dim modelo As String, platCaux As TplataformaC

    'El primer vehículo en la lista define el modelo de la plataforma
    que va a ser cargada
    If vehiculos.vehiculos(1).plat1 <> "" Then
        modelo = vehiculos.vehiculos(1).plat1
    ElseIf vehiculos.vehiculos(1).plat2 <> "" Then
        modelo = vehiculos.vehiculos(1).plat2
    ElseIf vehiculos.vehiculos(1).plat3 <> "" Then
        modelo = vehiculos.vehiculos(1).plat3
    ElseIf vehiculos.vehiculos(1).plat4 <> "" Then
        modelo = vehiculos.vehiculos(1).plat4
    End If

    'Inicializa la plataforma elegida
    Call iniciarPlat(Plataformas, trenes, modelo)
    'Se trabaja con un dato auxiliar que contiene la información de la
    plataforma a cargar
    platCaux =
    trenes.trenes(trenes.ntren).plataformasC(trenes.trenes(trenes.ntren).n
    pc)

    'Se carga la plataforma de 4 maneras distintas
    compara.ncomp = 4
    compara.vehiculos(1) = metodo1(vehiculos, platCaux)
    compara.vehiculos(2) = metodo2(vehiculos, platCaux)
    compara.vehiculos(3) = metodo3(vehiculos, platCaux)
    compara.vehiculos(4) = metodo4(vehiculos, platCaux)

End Sub

'Procedimiento que inicializa los datos de una nueva plataforma que va
a ser cargada
Sub iniciarPlat(Plataformas As Tplataformas, trenes As Ttrenes, modelo
As String)

    With trenes.trenes(trenes.ntren)

```

```

        .npc = .npc + 1
        .plataformasC(.npc).nombre = ""
        .plataformasC(.npc).modelo = modelo
        .plataformasC(.npc).longDisp =
Plataformas.Plataformas(buscarPlat(Plataformas, modelo)).longInt
        .plataformasC(.npc).pesoDisp =
Plataformas.Plataformas(buscarPlat(Plataformas, modelo)).cap
        .plataformasC(.npc).longTop =
Plataformas.Plataformas(buscarPlat(Plataformas, modelo)).longTop
        .plataformasC(.npc).peso =
Plataformas.Plataformas(buscarPlat(Plataformas, modelo)).peso
        .plataformasC(.npc).ref =
Plataformas.Plataformas(buscarPlat(Plataformas, modelo)).ref
        .plataformasC(.npc).vhc = 0
        .plataformasC(.npc).carga = 0
    End With

End Sub

'Función que busca una plataforma por su modelo y devuelve su índice
en la lista de plataformas
Function buscarPlat(Plataformas As Tplataformas, modelo As String) As
Integer

    Dim i As Integer, encontrado As Boolean

    i = 1
    encontrado = False
    While Not encontrado And i <= Plataformas.nplat
        If Plataformas.Plataformas(i).modelo = modelo Then
            encontrado = True
        Else
            i = i + 1
        End If
    Wend

    buscarPlat = i

End Function

'Función que elige, con el primer criterio definido, una serie de
vehículos para ser cargados en la plataforma elegida
Function metodo1(vehiculos As Tvehiculos, platCaux As TplataformaC) As
Tvehiculos

    'Declaración de variables locales y temporales para ser usadas en
este procedimiento
    Dim vehiculosTemp As Tvehiculos, platCTemp As TplataformaC,
vehiculosC As Tvehiculos

    'Inicialización de las variables temporales
    vehiculosTemp = vehiculos
    platCTemp = platCaux
    'Inicialización de la lista de vehículos a cargar en la plataforma
    vehiculosC.nveh = 0

    'Elige los vehículos a cargar por el principio o final de la lista
según el orden definido
    Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)

```

```

Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAb(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAb(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)

metodo1 = vehiculosC

End Function

'Función que elige, con el segundo criterio definido, una serie de
vehículos para ser cargados en la plataforma elegida
Function metodo2(vehiculos As Tvehiculos, platCaux As TplataformaC) As
Tvehiculos

    'Declaración de variables locales y temporales para ser usadas en
este procedimiento
    Dim vehiculosTemp As Tvehiculos, platCTemp As TplataformaC,
vehiculosC As Tvehiculos

    'Inicialización de las variables temporales
vehiculosTemp = vehiculos
platCTemp = platCaux
    'Inicialización de la lista de vehículos a cargar en la plataforma
vehiculosC.nveh = 0

    'Elige los vehículos a cargar por el principio o final de la lista
según el orden definido
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAb(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAb(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)

    metodo2 = vehiculosC

End Function

'Función que elige, con el tercer criterio definido, una serie de
vehículos para ser cargados en la plataforma elegida
Function metodo3(vehiculos As Tvehiculos, platCaux As TplataformaC) As
Tvehiculos

    'Declaración de variables locales y temporales para ser usadas en
este procedimiento
    Dim vehiculosTemp As Tvehiculos, platCTemp As TplataformaC,
vehiculosC As Tvehiculos

    'Inicialización de las variables temporales
vehiculosTemp = vehiculos
platCTemp = platCaux
    'Inicialización de la lista de vehículos a cargar en la plataforma
vehiculosC.nveh = 0

    'Elige los vehículos a cargar por el principio o final de la lista
según el orden definido
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAb(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)

```



```

Call busquedaAb(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAb(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)

metodo3 = vehiculosC

End Function

'Función que elige, con el cuarto criterio definido, una serie de
vehículos para ser cargados en la plataforma elegida
Function metodo4(vehiculos As Tvehiculos, platCaux As TplataformaC) As
Tvehiculos

    'Declaración de variables locales y temporales para ser usadas en
este procedimiento
    Dim vehiculosTemp As Tvehiculos, platCTemp As TplataformaC,
vehiculosC As Tvehiculos

    'Inicialización de las variables temporales
vehiculosTemp = vehiculos
platCTemp = platCaux
    'Inicialización de la lista de vehículos a cargar en la plataforma
vehiculosC.nveh = 0

    'Elige los vehículos a cargar por el principio o final de la lista
según el orden definido
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAb(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAb(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAr(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)
Call busquedaAb(vehiculosTemp, platCTemp, vehiculosC)

    metodo4 = vehiculosC

End Function

'Procedimiento que busca un vehículo apropiado para la plataforma
empezando por el principio de la lista
Sub busquedaAr(vehiculosTemp As Tvehiculos, platCTemp As TplataformaC,
vehiculosC As Tvehiculos)

    Dim i As Integer, encontrado As Boolean

    'Busca un vehículo
i = 1
encontrado = False
While Not encontrado And i <= vehiculosTemp.nveh
    If (platCTemp.modelo = vehiculosTemp.vehiculos(i).plat1 Or _
platCTemp.modelo = vehiculosTemp.vehiculos(i).plat2 Or _
platCTemp.modelo = vehiculosTemp.vehiculos(i).plat3 Or _
platCTemp.modelo = vehiculosTemp.vehiculos(i).plat4) And _
250 And platCTemp.longDisp > vehiculosTemp.vehiculos(i).longitud +
    platCTemp.pesoDisp > vehiculosTemp.vehiculos(i).peso Then
        encontrado = True
    Else
        i = i + 1
    End If
End While
End Sub

```

```

        End If
    Wend

    'Si encuentra un vehículo
    If encontrado Then
        'Resta el peso y la longitud que ocupa en vehículo en la
        plataforma
        With platCTemp
            .longDisp = .longDisp -
vehiculosTemp.vehiculos(i).longitud - 250
            .pesoDisp = .pesoDisp - vehiculosTemp.vehiculos(i).peso
        End With
        'Añade el vehículo al conjunto de vehículos cargado
        With vehiculosC
            .nveh = .nveh + 1
            .vehiculos(.nveh) = vehiculosTemp.vehiculos(i)
            .vehiculos(.nveh).cant = 1
        End With
        'Elimina el vehículo de la lista de vehículos a cargar
        Call borrar(vehiculosTemp, i)
    End If

End Sub

'Procedimiento que busca un vehículo apropiado para la plataforma
empezando por el final de la lista
Sub busquedaAb(vehiculosTemp As Tvehiculos, platCTemp As TplataformaC,
vehiculosC As Tvehiculos)

    Dim i As Integer, encontrado As Boolean

    'Busca un vehículo
    i = vehiculosTemp.nveh
    encontrado = False
    While Not encontrado And i >= 1
        If (platCTemp.modelo = vehiculosTemp.vehiculos(i).plat1 Or _
            platCTemp.modelo = vehiculosTemp.vehiculos(i).plat2 Or _
            platCTemp.modelo = vehiculosTemp.vehiculos(i).plat3 Or _
            platCTemp.modelo = vehiculosTemp.vehiculos(i).plat4) And _
250 And _
            platCTemp.longDisp > vehiculosTemp.vehiculos(i).longitud +
            platCTemp.pesoDisp > vehiculosTemp.vehiculos(i).peso Then
                encontrado = True
        Else
            i = i - 1
        End If
    Wend

    'Si encuentra un vehículo
    If encontrado Then
        'Resta el peso y la longitud que ocupa en vehículo en la
        plataforma
        With platCTemp
            .longDisp = .longDisp -
vehiculosTemp.vehiculos(i).longitud - 250
            .pesoDisp = .pesoDisp - vehiculosTemp.vehiculos(i).peso
        End With
        'Añade el vehículo al conjunto de vehículos cargado
        With vehiculosC
            .nveh = .nveh + 1

```

```

        .vehiculos(.nveh) = vehiculosTemp.vehiculos(i)
        .vehiculos(.nveh).cant = 1
    End With
    'Elimina el vehículo de la lista de vehículos a cargar
    Call borrar(vehiculosTemp, i)
End If

End Sub

'Procedimiento que elimina un vehículo de una lista de vehículos
Sub borrar(vehiculos As Tvehiculos, i As Integer)

    Dim j As Integer

    With vehiculos
        .vehiculos(i).cant = .vehiculos(i).cant - 1
        'Si no quedan más modelos de este vehículo se elimina de la
lista
        If .vehiculos(i).cant = 0 Then
            For j = i To .nveh - 1
                .vehiculos(j) = .vehiculos(j + 1)
            Next
            .nveh = .nveh - 1
        End If
    End With

End Sub

'Procedimiento que compara 4 conjuntos de vehículos y elige el más
optimo
Sub comparar(compara As Tcompara, vheleg As Tvehiculos)

    'Declaración de las variables locales de este procedimiento
    Dim i As Integer, fav As Integer, nlm As Integer, ptm As Long,
longm As Long

    'Inicialización de los datos necesarios para la comparación
    For i = 1 To compara.ncomp
        compara.vehiculos(i).pt = sumapt(compara.vehiculos(i))
        compara.vehiculos(i).nl = sumanl(compara.vehiculos(i))
        compara.vehiculos(i).longitud = sumalong(compara.vehiculos(i))
    Next

    'Inicialización de las variables locales
    fav = 0
    nlm = 0
    ptm = 0
    longm = 0

    'Comparación con un determinado criterio de los conjuntos de
vehículos
    For i = 1 To compara.ncomp
        If compara.vehiculos(i).pt >= 10000 Then
            If compara.vehiculos(i).nl > nlm Then
                fav = i
                nlm = compara.vehiculos(i).nl
                ptm = compara.vehiculos(i).pt
                longm = compara.vehiculos(i).longitud
            End If
        End If
    Next

```

```

        If compara.vehiculos(i).nl = nlm And
compara.vehiculos(i).longitud > longm Then
            fav = i
            nlm = compara.vehiculos(i).nl
            ptm = compara.vehiculos(i).pt
            longm = compara.vehiculos(i).longitud
        End If
    Else
        If compara.vehiculos(i).pt > ptm Then
            fav = i
            ptm = compara.vehiculos(i).pt
        End If
    End If
Next

'Se guarda el conjunto de vehículos elegido
vheleg = compara.vehiculos(fav)

End Sub

'Función que suma el peso total del conjunto de vehículos
Function sumapt(vehiculos As Tvehiculos) As Long

    Dim i As Integer

    sumapt = 0
    For i = 1 To vehiculos.nveh
        sumapt = sumapt + vehiculos.vehiculos(i).peso
    Next

End Function

'Función que suma el número de vehículos ligeros en el conjunto de
vehículos
Function sumanl(vehiculos As Tvehiculos) As Integer

    Dim i As Integer

    sumanl = 0
    For i = 1 To vehiculos.nveh
        If vehiculos.vehiculos(i).peso <= 3000 Then
            sumanl = sumanl + 1
        End If
    Next

End Function

'Función que suma la longitud total del conjunto de vehículos
Function sumalong(vehiculos As Tvehiculos) As Long

    Dim i As Integer

    sumalong = 0
    For i = 1 To vehiculos.nveh
        sumalong = sumalong + vehiculos.vehiculos(i).longitud + 250
    Next

End Function

```

```

'Procedimiento que carga los vehículos elegidos en la plataforma
Sub cargar(vehiculos As Tvehiculos, vhc As Tvehiculos, trenes As
Ttrenes)

    Dim i As Integer, j As Integer, encontrado As Boolean

    'Borra los vehículos que se van a cargar de la lista de vehículos
    que quedan por cargar
    For j = 1 To vhc.nveh
        i = 1
        encontrado = False
        While Not encontrado And i <= vehiculos.nveh
            If vehiculos.vehiculos(i).nombre = vhc.vehiculos(j).nombre
Then
                encontrado = True
                Call borrar(vehiculos, i)
            Else
                i = i + 1
            End If
        Wend
    Next

    'Reduce el conjunto de vehículos buscando modelos similares entre
    ellos
    i = vhc.nveh
    While i >= 2
        j = 1
        encontrado = False
        While j <= i - 1 And Not encontrado
            If vhc.vehiculos(j).nombre = vhc.vehiculos(i).nombre Then
                vhc.vehiculos(j).cant = vhc.vehiculos(j).cant +
vhc.vehiculos(i).cant
                vhc.vehiculos(j).peso = vhc.vehiculos(j).peso +
vhc.vehiculos(i).peso
                Call borrar(vhc, i)
                encontrado = True
            End If
            j = j + 1
        Wend
        i = i - 1
    Wend

    'Carga la plataforma con los datos de los vehículos que se van a
    cargar
    With trenes.trenes(trenes.entren)
        For i = 1 To vhc.nveh - 1
            .plataformasC(.npc).nombre = .plataformasC(.npc).nombre &
Str(vhc.vehiculos(i).cant) & " " & vhc.vehiculos(i).nombre & " + "
            .plataformasC(.npc).carga = .plataformasC(.npc).carga +
vhc.vehiculos(i).peso
            .plataformasC(.npc).vhc = .plataformasC(.npc).vhc +
vhc.vehiculos(i).cant
        Next
        .plataformasC(.npc).nombre = .plataformasC(.npc).nombre &
Str(vhc.vehiculos(vhc.nveh).cant) & " " &
vhc.vehiculos(vhc.nveh).nombre
        .plataformasC(.npc).carga = .plataformasC(.npc).carga +
vhc.vehiculos(vhc.nveh).peso
    End With
End Sub

```

```

        .plataformasC(.npc).vhc = .plataformasC(.npc).vhc +
vhc.vehiculos(vhc.nveh).cant
        .plataformasC(.npc).pesoTot = .plataformasC(.npc).peso +
.plataformasC(.npc).carga
        .longitud = .longitud + .plataformasC(.npc).longTop
        .peso = .peso + .plataformasC(.npc).pesoTot
    End With

End Sub

'Procedimiento que comprueba las restricciones de peso y longitud del
tren
Sub comprobarTren(trayecto As Ttrayecto, trenes As Ttrenes)

    Dim auxL As Long

    'Si longbas se define con valor 0, se trabajará con la longitud
condicionada
    If trayecto.longBas = 0 Then
        auxL = trayecto.longCond
    Else
        auxL = trayecto.longBas
    End If

    'Si no se cumplen las restricciones del tren, se inicia uno nuevo,
se descarga la última plataforma y se carga en el tren nuevo
    With trenes
        If (.trenes(.ntren).longitud > auxL) Or (.trenes(.ntren).peso
> trayecto.capacidad(.ntren)) Then
            Call iniciarTren(trenes, trayecto)
            .trenes(.ntren).npc = .trenes(.ntren).npc + 1
            .trenes(.ntren).plataformasC(.trenes(.ntren).npc) =
.trenes(.ntren - 1).plataformasC(.trenes(.ntren - 1).npc)
            .trenes(.ntren).peso = .trenes(.ntren).peso +
.trenes(.ntren).plataformasC(.trenes(.ntren).npc).pesoTot
            .trenes(.ntren).longitud = .trenes(.ntren).longitud +
.trenes(.ntren).plataformasC(.trenes(.ntren).npc).longTop
            .trenes(.ntren - 1).peso = .trenes(.ntren - 1).peso -
.trenes(.ntren - 1).plataformasC(.trenes(.ntren - 1).npc).pesoTot
            .trenes(.ntren - 1).longitud = .trenes(.ntren -
1).longitud - .trenes(.ntren - 1).plataformasC(.trenes(.ntren -
1).npc).longTop
            .trenes(.ntren - 1).npc = .trenes(.ntren - 1).npc - 1
        End If
    End With

End Sub

'Procedimiento que graba los trenes obtenidos en los Cuadros de
Composición correspondientes
Sub grabarHojas(trenes As Ttrenes)

    Dim i As Integer, j As Integer, k As Integer, fila As Integer,
hoja As Integer, encontrado As Boolean

    'Graba tantos Cuadros de Composición como trenes
    For i = 1 To trenes.ntren
        'Cuenta el número de hojas, crea una nueva con el Cuadro de
Composición, la hace visible y la activa

```

```

hoja = Sheets.Count
Worksheets("Cuadro").Copy After:=Sheets(hoja)
Worksheets(hoja + 1).Visible = xlSheetVisible
Worksheets(hoja + 1).Activate

'Copiar en el Cuadro de Composición los datos del tren
For j = 1 To trenes.trenes(i).npc

    'Busca la primera fila sin información grabada
    fila = 20
    Do While Worksheets(hoja + 1).Cells(fila, 3) <> ""
        fila = fila + 1
    Loop
    encontrado = False

    'Busca plataformas cargadas iguales a la que se va a
añadir
    For k = 20 To fila
        'Si encuentra una, escribe en la misma fila
        If (Worksheets(hoja + 1).Cells(k, 3) =
trenes.trenes(i).plataformasC(j).nombre) And _
            (Worksheets(hoja + 1).Cells(k, 9) =
trenes.trenes(i).plataformasC(j).modelo) And _
                Not encontrado Then
            Worksheets(hoja + 1).Cells(k, 2) = Worksheets(hoja
+ 1).Cells(k, 2) + trenes.trenes(i).plataformasC(j).vhc
            Worksheets(hoja + 1).Cells(k, 8) = Worksheets(hoja
+ 1).Cells(k, 8) + 1
            Worksheets(hoja + 1).Cells(k, 14) =
Worksheets(hoja + 1).Cells(k, 14) +
trenes.trenes(i).plataformasC(j).carga / 1000
            encontrado = True
        End If
    Next k
    'Si no encuentra ninguna, escribe en una fila nueva
    If Not encontrado Then
        Worksheets(hoja + 1).Cells(fila, 2) =
trenes.trenes(i).plataformasC(j).vhc
        Worksheets(hoja + 1).Cells(fila, 3) =
trenes.trenes(i).plataformasC(j).nombre
        Worksheets(hoja + 1).Cells(fila, 8) = 1
        Worksheets(hoja + 1).Cells(fila, 9) =
trenes.trenes(i).plataformasC(j).modelo
        Worksheets(hoja + 1).Cells(fila, 10) =
trenes.trenes(i).plataformasC(j).ref
        Worksheets(hoja + 1).Cells(fila, 14) =
trenes.trenes(i).plataformasC(j).carga / 1000
    End If
Next j
Next i

End Sub

```


ANEXO F: MANUAL DE USUARIO

Manual de usuario de la aplicación AutoCompo v0.0

Realizado por David Perea López



Para uso interno en el Centro de Control de
Movimientos por Ferrocarril

ÍNDICE

1.	<u>INTRODUCCIÓN A AUTOCOMPO V 0.0</u>	2
1.1.	<u>INICIO</u>	2
1.2.	<u>HOJA AUTO</u>	3
1.3.	<u>HOJA DATOS</u>	3
1.4.	<u>HOJA TRAYECTOS</u>	3
1.5.	<u>HOJA VEHÍCULOS</u>	4
2.	<u>MANUAL DE USO</u>	4
2.1.	<u>ELEMENTOS DEL FORMULARIO</u>	4
2.2.	<u>EJEMPLO DE USO</u>	5
3.	<u>OPTIMIZACIÓN DEL RESULTADO</u>	10
3.1.	<u>ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN</u>	10
3.2.	<u>MEJORA DEL RESULTADO</u>	11
4.	<u>LIMITACIONES DE LA APLICACIÓN</u>	12
4.1.	<u>INSTRUCCIONES BÁSICAS DE USO</u>	12
4.2.	<u>POSIBLES ERRORES</u>	12
4.3.	<u>LIMITACIONES DE DISEÑO</u>	12
5.	<u>AMPLIACIÓN DEL SOFTWARE</u>	13
5.1.	<u>MODIFICACIONES: NIVEL USUARIO</u>	13
5.1.1.	<u>Añadir o gestionar trayectos</u>	13
5.1.2.	<u>Añadir o gestionar vehículos</u>	13
5.2.	<u>MODIFICACIONES: NIVEL DESARROLLADOR</u>	14
5.2.1.	<u>Explorador de proyectos</u>	14
5.2.2.	<u>Modificación del código</u>	14
5.2.3.	<u>Hoja Plataformas</u>	15
5.2.4.	<u>Hoja Cuadro</u>	15

1 Introducción a AutoCompo v 0.0

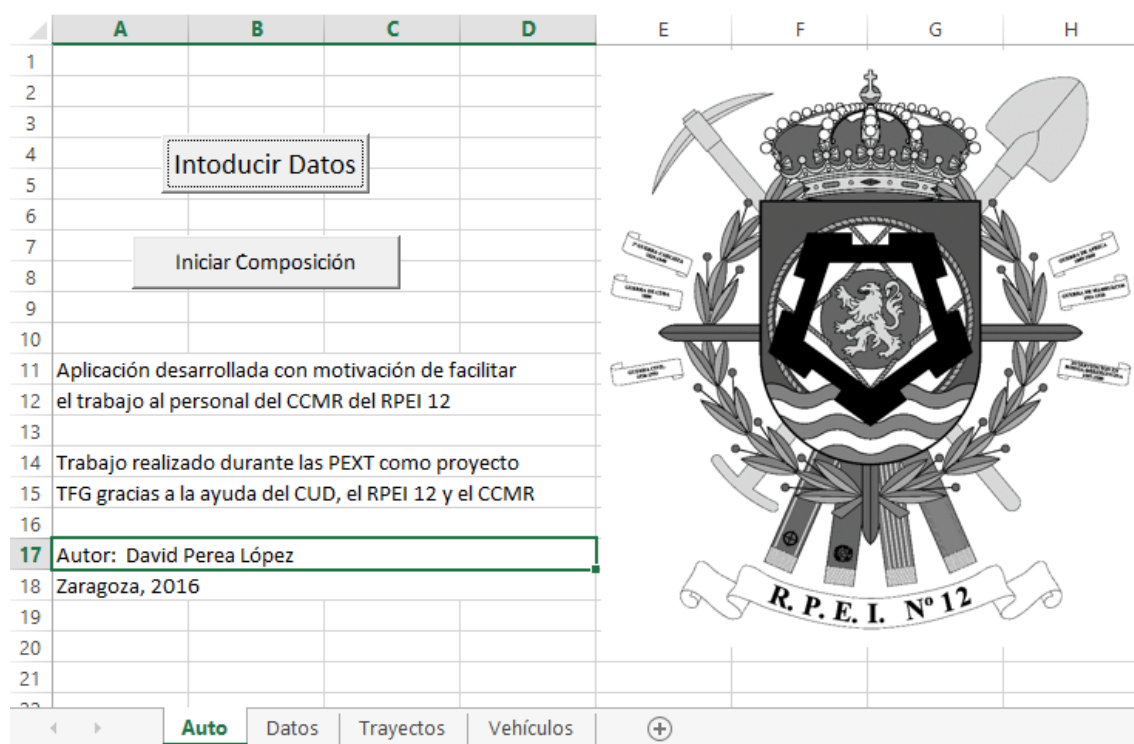
AutoCompo es una aplicación integrada en el entorno gráfico de Microsoft Excel que utiliza el lenguaje de programación Visual Basic. Con esta aplicación podrá realizar Cuadros de Composición introduciendo los datos de una Petición de Transporte (PT) en un tiempo muy reducido.

Las ventajas de usar este entorno son:

- Utilizar hojas Excel como contenedor de datos.
- Usar formularios sencillos para interactuar con el usuario.
- Implementar código VBA para procesar los datos de entrada.
- Ampliar las utilidades añadiendo macros a la aplicación.
- Interfaz familiar con la gran mayoría de usuarios.
- Facilidad para ampliar las bases de datos.

1.1 Inicio

Al ejecutar la aplicación se abre la siguiente ventana:



Se pueden observar las siguientes hojas:

Auto	La hoja Auto se inicia al abrir la aplicación y contiene dos botones.
Datos	La hoja Datos almacena los datos que van a ser usados en el transporte.
Trayectos	La hoja Trayectos contiene la información de todos los trayectos aprobados por ADIF para el transporte militar por ferrocarril.
Vehículos	La hoja Vehículos contiene la información de todos los vehículos aprobados por ADIF para el transporte militar por ferrocarril.

La hoja Auto está bloqueada por seguridad. Además, hay dos hojas que se encuentran ocultas (Cuadro y Plataformas) para evitar su modificación y alterar el funcionamiento de la aplicación. Su acceso y modificación está explicado en el apartado 5.2.

1.2 Hoja Auto

La hoja Auto contiene los dos botones principales de la aplicación:

Introducir Datos	El botón Introducir Datos abre una ventana de formulario con la que se introducen los datos.
Iniciar Composición	El botón Iniciar Composición inicia el algoritmo y crea los Cuadros de Composición necesarios

1.3 Hoja Datos

La hoja de Datos se estructura de la siguiente manera:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I					
1	Vehículo + Remolque	Longitud total	Peso total	Plataforma 1	Plataforma 2	Plataforma 3	Plataforma 4	Cantidad	Fecha					
2														
3														
	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
	Trayecto	Básica	Condicional	Cap 1 y 6	Cap 2 y 7	Cap 3 y 8	Cap 4 y 9	Cap 5 y 10	Modelo	Longitud topes	Longitud interior	Peso	Carga máxima	Rel

En esta hoja se grabarán los siguientes datos introducidos:

- Vehículos: Vehículo, Longitud total, Peso total, Plataforma 1, Plataforma 2, Plataforma 3, Plataforma 4 y Cantidad.
- Fecha.
- Trayecto: Trayecto, Básica, Condicional, Cap 1 y 6, Cap 2 y 7, Cap 3 y 8, Cap 4 y 9 y Cap 5 y 10.
- Plataformas: Modelo, Longitud Topes, Longitud interior, Peso, Carga máxima y Ref.

Su estructura no puede ser modificada aunque puede modificarse la información contenida en el proceso de elaboración de la composición ferroviaria.

Se recomienda borrar los datos una vez elaborado satisfactoriamente el Cuadro de Composición. Para ello existe una función que se explica en el apartado 2.2.

1.4 Hoja Trayectos

La hoja de Trayectos se estructura de la siguiente manera:

	A	B	C	D	E	F
1		Longitud max con locomotora MM			Kg brutos	
2	N	Trayecto	Básica	Condicional	Capacidad 1	Capacidad 2
3	1	Almeria- San Gregorio	400000	450000	0	0
4	2	Badajoz-San Gregorio(Almorchon)	400000	460000	940000	1692000
5	3	Badajoz-San Gregorio(Talavera)	500000	520000	0	0
6	4	Badajoz-Chinchilla	408000	480000	0	0
7	5	Cordoba-San Gregorio	460000	500000	920000	1656000

En esta hoja se almacena la información de todos los trayectos aprobados por ADIF para el transporte militar por ferrocarril.

Su estructura no puede ser modificada aunque puede modificarse la información contenida y añadir nuevos trayectos.

1.5 Hoja Vehículos

La hoja de Vehículos se estructura de la siguiente manera:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	CC41	NOC	DENOMINACION SIGLE MATERIAL	LONGITUD/MM	PESO/KG	PLAT1	PLAT2	PLAT3	PLAT4	Remolque
2	s	23508BZ000002	ATP M-108		23000	PMM-E	PMM-ER			n
3	s	2350012811719	ATP M-109		23000	PMM-E	PMM-ER			n
4	n	2355330049570	BMR 3560.01 M1 EDEX			PMM-E	PMM-ER			n
5	n	2355330049572	BMR 3560.01 M1 LAG 40MM	6150	14000	PMM-E	PMM-ER	MM-2	M-1	n
6	n	2355330049580	BMR 3560.01 M1 MCCLA TOW	6150	14000	PMM-E	PMM-ER	MM-2	M-1	n
7	n	2355330049587	BMR 3560.01 M1 MCCMA MILAN	6150	14000	PMM-E	PMM-ER	MM-2	M-1	n
8	n	2355330049582	BMR 3560.01 M1 TRANS			PMM-E	PMM-ER	MM-2	M-1	n
9	n	2355330049584	BMR 3560.01 M1 ZAP	6170	12000	PMM-E	PMM-ER			n
10	n	2355330049571	BMR 3560.50.01 M1 EDEX	6150	14000	PMM-E	PMM-ER			n

En esta hoja se almacena la información de todos los vehículos aprobados por ADIF para el transporte militar por ferrocarril.

Su estructura no puede ser modificada aunque puede modificarse la información contenida y añadir nuevos vehículos.

2 Manual de uso

A continuación se explica los elementos principales del formulario usado para la introducción de datos y se realiza un ejemplo para su mejor comprensión.

2.1 Elementos del formulario

Al pulsar el botón Introducir Datos en la hoja Auto se abre el siguiente formulario:

El formulario está compuesto por los siguientes elementos:

- **ComboBox:** Trayecto, Vehículo y Remolque. Es un cuadro con una lista desplegable donde se puede seleccionar los datos que se encuentran en las hojas Trayectos y Vehículos.
- **TextBox:** Es una caja de texto que almacena temporalmente la información del trayecto y del vehículo que el usuario a elegido. Además permite su modificación para la elaboración en curso sin que se altere su estado original.

- ListBox: Es una matriz de datos que almacena todos los vehículos que se van añadiendo a la lista. Al pulsar dos veces sobre un elemento lo elimina.
- Buttons: Grabar Datos, Añadir a lista, Borrar lista y Borrar Hoja de Datos. Son botones que al pulsarlos realizan una tarea determinada.

2.2 Ejemplo de uso

La realización de este ejemplo resolverá las necesidades de una PT y obtendrá como resultado un Cuadro de Composición. La información de la PT es la siguiente:

PT		1	DOCUMENTO QUE JUSTIFICA LA PT		2	FECHA	3	Nº DE REGISTRO
			RPA - E.J.BETABICIV/16MAR12/FFCCBAD-CENAD.SG 17V.CAD+2 RU(I-R)FFCC			6 Feb 12		50001252-12-100010
4	PETICIONARIO, DIRECCIÓN	50001252	Tf 924285110	5	DESTINATARIO PT, DIRECCIÓN			50003604
	BICC IV/16 - BOTOA (BADAJOZ)		Fx		CG BRIMZ XI - BOTOA (BADAJOZ)			
	CTRA. S.VICENTE DE ALCANTARA, KM.59		Tx		CTRA. SAN VICENTE, KM.58,500			
6	REMITENTE DEL RECURSO, DIRECCIÓN	50001252	Tf 924285110	7	SITUACIÓN DEL RECURSO, DIRECCIÓN			
	BICC IV/16 - BOTOA (BADAJOZ)		Fx		ESTACION FFCC - ESTACION FFCC BADAJOZ			
	CTRA. S.VICENTE DE ALCANTARA, KM.59		Tx		ESTACION FFCC BADAJOZ			
	POC				POC CTE MESA924285292/8185292			
8	CONSIGNATARIO, DIRECCIÓN		Tf	9	DESTINO FINAL DEL RECURSO, DIRECCIÓN			55100021
			Fx		CENAD SGREGORIO - SAN GREGORIO (C.M.) (ZARAGOZA)			
			Tx		CTRA. DE HUESCA, KM.7,5			
	POC				POC			

Nº ELEMENTOS	LARGO (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	RECURSO
10	9,67	3,75	3,00	CARRO COMBATE LEOPARDO 2 E
1	5,73	2,68	2,69	TOA M-548 CARGA
1	4,20	1,99	1,92	R 2TM ALJIBE 2000L RIGUAL
1	9,29	2,55	3,42	CNPTT 10TM IVECO M250.40W
4	4,78	2,69	1,83	TOA.PP./M-113 A2
1	4,78	2,64	2,56	TOA M-577 A1 PC-BON
1	4,78	2,69	2,23	TOA M-113 A2 TRANS
				3 DIREX
				DIREX

Seguir los siguientes pasos para obtener el Cuadro de Composición:

1. Abrir la aplicación AutoCompo y pulsar el botón Introducir Datos en la hoja Auto.
2. Elegir en el desplegable el trayecto Badajoz-San Gregorio.

Trayecto
Badajoz-San Gregorio(Almorchon)

Vehículo
Selecione un vehiculo

Remolque
Selecione un remolque

Trayecto	Longitud Básica	Condional	Capacidad 1	Cap 2	Cap 3	Cap 4	Cap 5	Cap 6	Cap 7	Cap 8	Cap 9
Badajoz-San Gregorio(Almorchon)	400000	460000	940000	1692000	890000	0	0	0	0	0	0

Vehículo	Longitud	Peso	Plataforma 1	Plat 2	Plat 3	Plat 4	Cantidad	Remolque	Longitud	Peso	Plataforma 1	Plat 2
----------	----------	------	--------------	--------	--------	--------	----------	----------	----------	------	--------------	--------

NOTA: Se pueden modificar las capacidades de las locomotoras dependiendo de la disponibilidad de RENFE. Tiene que haber al menos tantas locomotoras como trenes se vayan a obtener. Se recomienda ordenarlas de mayor a menor capacidad. Si está autorizado el transporte con longitud máxima condicional se escribe 0 en longitud básica.

3. Elegir en la lista desplegable el primer vehículo de la PT (C.C. LEOPARDO 2E), revisar que no falta ningún dato e introducir la cantidad.

Vehículo	Longitud	Peso	Plataforma 1	Plat 2	Plat 3	Plat 4	Cantidad
C.C. LEOPARDO 2 E	8850	63000	PMM-ER				10

4. Pulsar el botón Añadir a lista y el formulario queda de esta forma:

AutoCompo

Trayecto
Badajoz-San Gregorio(Almorchon)


Vehículo

Remolque

Trayecto	Longitud	Básica	Condional	Capacidad 1	Cap 2	Cap 3	Cap 4	Cap 5	Cap 6	Cap 7	Cap 8	Cap 9	Cap 10
Badajoz-San Gregorio(Almorchon)	400000	460000	940000	1692000	890000	0	0	0	0	0	0	0	0

Vehículo	Longitud	Peso	Plataforma 1	Plat 2	Plat 3	Plat 4	Cantidad
C.C. LEOPARDO 2 E	8850	63000	PMM-ER				10

Vehículo + Remolque	Long. total	Peso total	Plataforma1	Plat. 2	Plat. 3	Plat.4	Cantidad
C.C. LEOPARDO 2 E	8850	63000	PMM-ER				10



Grabar datos
Añadir a lista
Borrar lista
Borrar Hoja de Datos

(Pincha dos veces un elemento de la lista para borrarlo)

5. Repetir los dos últimos pasos para el siguiente vehículo y la lista queda de esta forma:

Vehículo + Remolque	Long. total	Peso total	Plataforma1	Plat. 2	Plat. 3	Plat.4	Cantidad
C.C. LEOPARDO 2 E	8850	63000	PMM-ER				10
TOA M-548 CARGA	5890	7000	MM-2	M-1			1

Los siguientes vehículos son un camión y un remolque. Se pueden cargar separadamente añadiendo cada uno individualmente desde el desplegable Vehículo. También se pueden cargar unidos eligiendo el camión en Vehículo y el remolque en Remolque.

6. Añadir el vehículo y el remolque e introducir la cantidad.

AutoCompo

Trayecto
Badajoz-San Gregorio(Almorchon)

Vehículo
CAMIÓN CPTT IVECO M-250 40 W

Remolque
RQ 2TM ALJIBE 2000L RIGUAL

Trayecto	Longitud	Básica	Condional	Capacidad 1	Cap 2	Cap 3	Cap 4	Cap 5	Cap 6	Cap 7	Cap 8	Cap 9	Cap 10
Badajoz-San Gregorio(Almorchon)	400000	460000	940000	1692000	890000	0	0	0	0	0	0	0	0

Vehículo	Longitud	Peso	Plataforma 1	Plat 2	Plat 3	Plat 4	Cantidad
CAMIÓN CPTT IVECO M-250 40 W	7692	14000	MM-2	M-1			1

Remolque	Longitud	Peso	Plataforma 1	Plat 2	Plat 3	Plat 4	Cantidad
RQ 2TM ALJIBE 2000L RIGUAL	4300	2000	MM-2	M-1			1

Vehículo + Remolque	Long. total	Peso total	Plataforma1	Plat. 2	Plat. 3	Plat.4	Cantidad
C.C. LEOPARDO 2 E	8850	63000	PMM-ER				10
TOA M-548 CARGA	5890	7000	MM-2	M-1			1
CAMIÓN CPTT IVECO M-250 40 W + RQ 2TM ALJIBE 2000L RIGUAL	11992	16000	MM-2	M-1			1

7. Pulsar el botón Añadir a lista y los datos del vehículo y del remolque se combinan.

Vehículo + Remolque	Long. total	Peso total	Plataforma1	Plat. 2	Plat. 3	Plat.4	Cantidad
C.C. LEOPARDO 2 E	8850	63000	PMM-ER				10
TOA M-548 CARGA	5890	7000	MM-2	M-1			1
CAMIÓN CPTT IVECO M-250 40 W + RQ 2TM ALJIBE 2000L RIGUAL	11992	16000	MM-2	M-1			1

8. Repetir los pasos para el siguiente vehículo (TOA M-113 A-2 PP). Se obtiene el siguiente mensaje:

Vehículo	Longitud	Peso	Plataforma 1	Plat 2	Plat 3	Plat 4	Cantidad	Remolque
TOA M-113 A2 PORTA-PERSONAL			PMM-E	PMM-I	MM-2	M-1	4	

Vehículo + Remolque

C.C. LEOPARDO 2 E
TOA M-548 CARGA
CAMIÓN CPTT IVECO M-250 40 W + RQ 2TM ALJIBE 2000L RIGUAL

Microsoft Excel

No puede haber campos vacíos

Vehículo. TOA M-113 A2 PORTA-PERSONAL
Longitud.
Peso.
Cantidad. 4

Aceptar

La longitud y el peso del vehículo no se han cargado en la hoja Vehículos. La solución es introducir los datos manualmente en el TextBox correspondiente.

9. Pulsar el botón Añadir a lista cuando estén todos los datos rellenos.

Vehículo + Remolque	Long. total	Peso total	Plataforma1	Plat. 2	Plat. 3	Plat.4	Cantidad
C.C. LEOPARDO 2 E	8850	63000	PMM-ER				10
TOA M-548 CARGA	5890	7000	MM-2	M-1			1
CAMIÓN CPTT IVECO M-250 40 W + RQ 2TM ALJIBE 2000L RIGUAL	11992	16000	MM-2	M-1			1
TOA M-113 A2 PORTA-PERSONAL	4780	9000	PMM-E	PMM-ER	MM-2	M-1	4

10. Repetir el proceso con los vehículos restantes. La lista de vehículos queda de esta forma:

Vehículo + Remolque	Long. total	Peso total	Plataforma1	Plat. 2	Plat. 3	Plat.4	Cantidad
C.C. LEOPARDO 2 E	8850	63000	PMM-ER				10
TOA M-548 CARGA	5890	7000	MM-2	M-1			1
CAMIÓN CPTT IVECO M-250 40 W + RQ 2TM ALJIBE 2000L RIGUAL	11992	16000	MM-2	M-1			1
TOA M-113 A2 PORTA-PERSONAL	4780	9000	PMM-E	PMM-ER	MM-2	M-1	4
TOA M-577 A2 PC-BON	4870	11000	PMM-E	PMM-ER	MM-2	M-1	1
TOA M-113 A1 TRANSMISIONES	4870	9000	PMM-E	PMM-ER	MM-2	M-1	1

11. Revisar los datos y detectar posibles errores.

NOTA: Se puede eliminar cualquier elemento de la lista pulsado dos veces sobre él. También se puede eliminar toda la lista pulsando el botón Borrar Lista.

12. Comprobar que la hoja Datos está vacía y no contiene datos de un ejercicio anterior.

NOTA: Si hubiera datos de otro ejercicio se pueden eliminar pulsando el botón Borrar Hoja de Datos.

13. Para finalizar, pulsar el botón Grabar Datos y cerrar el formulario.

NOTA: Si se cierra el formulario sin pulsar el botón Grabar Datos no se guarda ninguna información.

La hoja Datos queda de la siguiente forma:

Vehículos

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Vehículo + Remolque	Longitud total	Peso total	Plataforma 1	Plataforma 2	Plataforma 3	Plataforma 4	Cantidad	
2	C.C. LEOPARDO 2 E	8850	63000	PMM-ER				10	martes, 25
3	TOA M-548 CARGA	5890	7000	MM-2	M-1			1	
4	CPTT IVECO M-250 40 W + RQ 2TM ALJIBE 2000L RIGUAL	11992	16000	MM-2	M-1			1	
5	TOA M-113 A2 PORTA-PERSONAL	4780	9000	PMM-E	PMM-ER	MM-2	M-1	4	
6	TOA M-577 A2 PC-BON	4870	11000	PMM-E	PMM-ER	MM-2	M-1	1	
7	TOA M-113 A1 TRANSMISIONES	4870	9000	PMM-E	PMM-ER	MM-2	M-1	1	
8									
9									

Trayecto

Trayecto	Básica	Condicional	Cap 1 y 6	Cap 2 y 7	Cap 3 y 8	Cap 4 y 9	Cap 5 y 10
Badajoz-San Gregorio(Almorchon)	400000	460000	940000	1692000	890000	0	0
			0	0	0	0	0

Plataformas

R	S	T	U	V	W
Modelo	Longitud topes	Longitud interior	Peso	Carga máxima	Ref
M-1	13860	12500	12500	25900	5
MM-2	19890	19290	24000	56000	8
PMM-E	12500	11260	21300	57500	10
PMM-ER	12500	11260	21300	68900	12

14. Comprobar todos los datos.

NOTA: Si es necesario, el usuario puede introducir los vehículos a transportar en varias llamadas al formulario diferentes, sin necesidad de indicar el trayecto de nuevo y sin que se eliminen los datos introducidos.

15. Seleccionar la hoja Auto y pulsar Iniciar Composición. Se obtiene el siguiente resultado:

Tren 1

FUERZA TERRESTRE		MANDO DE INGENIEROS						
REGIMIENTO DE PONTONEROS Nº 12		BESP II/12						
CELULA CONTROL MOVIMIENTO FERROCARRIL								
CUADRO DE COMPOSICION PARA UN PROGRAMA DE TRANSPORTE								
PETICIONES DE TRANSPORTE N°		DE FECHA						
ESCRITO DITRA N°		DE FECHA						
		Tren N° M-000-I/M-000-R						
UNIDAD:	FECHAS:	IDA:	REGRESO:					
ORIGEN:	DESTINO:	SAN GREGORIO						
E F E C T I V O S		M A T E R I A L F E R R O V I A R I O						
PERSONAL	OFICIALES SUPERIORES Y OFICIALES	Nº	TIPO	EJES	LT	TARA	TMM	TMB
	SUBOFICIALES	1	LITERA	4	26,4	50,0	2,0	52,0
	TROPA	0	MMQC					
	TOTAL	0						
..	10 1 C.C. LEOPARDO 2 E	10	PMM-ER	40	125,0	213,0	630,0	843,0
10	T O T A L E S		11	44	151,4	263,0	632,0	895,0
C-41: VEHICULOS QUE VIAJAN EN AMPARO DE LA CONSIGNA C-41								
ZARAGOZA, DE DE 2016				Resumen		LITERA 1		
EL TTE CCMR				Material		PRIMERA 0		
				Ferroviario		MMQC 0		
						PMM-E 0		
						M-1 0		
						MM-2 0		
						PMM-ER 10		

Tren 2

FUERZA TERRESTRE		MANDO DE INGENIEROS																					
REGIMIENTO DE PONTONEROS Nº 12		BESP II/12																					
CELULA CONTROL MOVIMIENTO FERROCARRIL																							
CUADRO DE COMPOSICION PARA UN PROGRAMA DE TRANSPORTE																							
PETICIONES DE TRANSPORTE Nº		DE FECHA																					
ESCRITO DITRA Nº		DE FECHA																					
		Tren Nº M-000-I/M-000-R																					
UNIDAD:	FECHAS:	IDA:	REGRESO:																				
ORIGEN:	DESTINO:	SAN GREGORIO																					
E F E C T I V O S		M A T E R I A L F E R R O V I A R I O																					
PERSONAL	OFICIALES SUPERIORES Y OFICIALES		Nº	TIPO	EJES	LT	TARA	TMM	TMB														
	SUBOFICIALES		1	LITERA	4	26,4	50,0	2,0	52,0														
	TROPA		0	MMQC																			
M A	2	1 CAMIÓN CPTT IVECO M-250 40 W + RQ 2TM ALJIBE 20	1	MM-2	4	19,9	24,0	23,0	47,0														
	2	1 TOA M-577 A2 PC-BON + 1 TOA M-113 A1 TRANSMISIO	1	PMM-E	4	12,5	21,3	20,0	41,3														
	4	2 TOA M-113 A2 PORTA-PERSONAL	2	PMM-E	8	25,0	42,6	36,0	78,6														
8	T O T A L E S		5		20	83,8	137,9	81,0	218,9														
C-41: VEHÍCULOS QUE VIAJAN EN AMPARO DE LA CONSIGNA C-41																							
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> ZARAGOZA, DE DE 2016 EL TTE CCMR </div> <div> Resumen Material Ferroviario </div> <table border="1"> <tr><td>LITERA</td><td>1</td></tr> <tr><td>PRIMERA</td><td>0</td></tr> <tr><td>MMQC</td><td>0</td></tr> <tr><td>PMM-E</td><td>3</td></tr> <tr><td>M-1</td><td>0</td></tr> <tr><td>MM-2</td><td>1</td></tr> <tr><td>PMM-ER</td><td>0</td></tr> </table> </div>										LITERA	1	PRIMERA	0	MMQC	0	PMM-E	3	M-1	0	MM-2	1	PMM-ER	0
LITERA	1																						
PRIMERA	0																						
MMQC	0																						
PMM-E	3																						
M-1	0																						
MM-2	1																						
PMM-ER	0																						

Ampliación de la carga sobre la plataforma MM-2:

2	1 CAMIÓN CPTT IVECO M-250 40 W + RQ 2TM ALJIBE 2000L RIGUAL + 1 TOA M-548 CARGA
---	---

NOTA: El algoritmo considera al camión junto con el remolque como un solo elemento, por lo que la cantidad de vehículos cargados en la plataforma junto con el TOA es de 2 vehículos.

Se puede observar que se han obtenido dos trenes que cumplen con los requisitos de longitud y tonelaje y que el espacio de las plataformas ha sido aprovechado de forma óptima. Sin embargo se obtienen dos trenes de muy poca longitud que podrían ir unidos si la capacidad de la locomotora fuera mayor.

16. Seleccionar la hoja Datos y modificar la Capacidad 1 (Celda M2) por 1.100.000 Kg.

17. Seleccionar la hoja Auto y pulsar el botón Iniciar Composición. Se obtiene el siguiente resultado:

Tren definitivo

FUERZA TERRESTRE		MANDO DE INGENIEROS	
REGIMIENTO DE PONTONEROS Nº 12		BESP II/12	
CELULA CONTROL MOVIMIENTO FERROCARRIL			
CUADRO DE COMPOSICION PARA UN PROGRAMA DE TRANSPORTE			
PETICIONES DE TRANSPORTE Nº		DE FECHA	
ESCRITO DITRA Nº		DE FECHA	
		Tren Nº	M-000-I/M-000-R
UNIDAD:	FECHAS:	IDA:	REGRESO:
ORIGEN:	DESTINO:	SAN GREGORIO	
E F E C T I V O S		MATERIAL FERROVIARIO	
PERSONAL	OFICIALES SUPERIORES Y OFICIALES	Nº	TIPO
	SUBOFICIALES	EJES	LT
TROPA	TOTAL	TARA	TMM
	0	TMB	
M	10 1 C.C. LEOPARDO 2 E	10	PMM-ER
A	2 1 CAMIÓN CPTT IVECO M-250 40 W + RQ 2TM ALJIBE 2000L RIG	1	MM-2
T	2 1 TOA M-577 A2 PC-BON + 1 TOA M-113 A1 TRANSMISIONES	1	PMM-E
	4 2 TOA M-113 A2 PORTA-PERSONAL	2	PMM-E
18		15	60
TOTALES		208,8	350,9
C-41: VEHÍCULOS QUE VIAJAN EN AMPARO DE LA CONSIGNA C-41		711,0	1061,9
ZARAGOZA, DE DE 2016		Resumen	
EL TTE CCMR		Material	
		Ferrovial	
		LITERA	1
		PRIMERA	0
		MMQC	0
		PMM-E	3
		M-1	0
		MM-2	1
		PMM-ER	10

El resultado obtenido es el óptimo.

18. Exportar el resultado a otro libro: Pulsar con el botón derecho sobre la hoja creada → Mover o copiar... → Al libro: (libro nuevo) → Aceptar.

19. Eliminar los datos introducidos: Auto → Introducir Datos → Borrar Hoja de Datos.

20. Cerrar la aplicación.

3 Optimización del resultado

El funcionamiento de la aplicación devuelve rápidamente un resultado muy aproximado a lo más óptimo. Para una composición sencilla, como la del ejemplo anterior, tal vez solo sea necesario hacer una iteración. Cuando se observen ineficiencias en la composición, siempre se podrán modificar los datos de entrada para obtener un resultado mejor. Para ello es necesario entender cómo trabaja la aplicación con el algoritmo que tiene implementado.

3.1 Algoritmo de optimización

A continuación se detallan varios pasos importantes del algoritmo:

1. Se ordenan los vehículos de más pesados a menos pesados. Los vehículos serán cargados en las plataformas siguiendo este orden. Ésta suele ser la forma idónea de cargar un tren ya que los vehículos se cargan en sentido de marcha para no atravesar y fatigar las plataformas menos resistentes.

NOTA: Cuando se necesite transportar material ligero y material pesado, la aplicación formará primero los trenes con material pesado y luego con material ligero.

2. Los vehículos serán cargados en los modelos de plataforma que se definan, siendo la Plataforma 1 la de primera prioridad y la Plataforma 4 la de última prioridad.

NOTA: Cuando se carga un vehículo en una plataforma, será cargado en la de su primera prioridad. Si hay espacio disponible en la plataforma, cargará un vehículo que pueda ir en esa plataforma sin distinción de sus prioridades.

3. El algoritmo carga virtualmente la plataforma de cuatro formas distintas y las compara para elegir la que mejor aprovecha las capacidades de la plataforma.

NOTA: La restricción de que la mínima facturación de carga de una plataforma son 10 t es un problema que el algoritmo tiene en cuenta. Cuando hay muchos vehículos ligeros, conviene cargarlos combinadamente con uno pesado para sumar el mínimo de 10 t facturadas.

Para ello el algoritmo carga primero un vehículo pesado en la plataforma, si hay espacio disponible carga otros vehículos. Repite el proceso de cuatro formas distintas con distinto nivel de prioridad para cargar vehículos ligeros. Después las compara y elige la mejor con el siguiente criterio:

La primera premisa es que la carga total sea mayor que 10 t. Si ninguna lo es elige la más pesada. Para las que cumplan la premisa, elegirá la combinación con mayor número de vehículos ligeros, y en caso de empate, la que mejor aproveche el espacio.

3.2 Mejora del resultado

El resultado puede mejorarse de dos formas:

- Mejorando la distribución de vehículos por plataformas.
- Mejorando la distribución de plataformas por trenes.

El algoritmo puede dar un resultado óptimo para el primer caso, pero para el segundo puede presentar limitaciones.

Para mejorar la distribución de vehículos por plataformas tan solo se tienen que modificar los datos introducidos, principalmente el orden de preferencia de las plataformas, y si fuera necesario la longitud y el peso insignificadamente para controlar el funcionamiento de la aplicación y obtener el resultado deseado. También se puede modificar manualmente desde el Cuadro de Composición obtenido modificando los vehículos cargados, el peso de la carga y el número total de vehículos cargados. Si se modificara el tipo de plataforma también habría que modificar el número de referencia oculto en la columna J del Cuadro de Composición.

Para mejorar la distribución de plataformas por trenes. Los primeros trenes serán más pesados y cortos y los siguientes más ligeros y largos dependiendo de la capacidad de las locomotoras que se introduzcan. Habrá casos en los que se pueda reducir el número de trenes al combinar material ligero con pesado para obtener trenes aprovechando la longitud máxima que ofrece el itinerario. Esta redistribución de material se podrá hacer modificando la capacidad de las locomotoras o calculando la composición en varias iteraciones decidiendo la cantidad de vehículos a transportar en cada tren (la cantidad puede valer 0 si es necesario). También se

podrá hacer manualmente sobre el Cuadro de Composición cambiando las plataformas cargadas entre los trenes.

4 Limitaciones de la aplicación

4.1 Instrucciones básicas de uso

Resumidamente, para que la aplicación funcione, todos los datos deben de estar introducidos correctamente. Se deben tomar las siguientes precauciones:

- Las longitudes y pesos o capacidades deben de compartir la misma unidad de medida, mm y Kg respectivamente, tanto en vehículos, como en trayectos o plataformas.
- Los modelos de las plataformas deben de coincidir con el mismo formato descrito en el Cuadro de Composición y en la hoja de Vehículos.
- Los elementos tienen que ocupar una sola fila y no puede haber ninguna fila intermedia vacía en el listado de elementos.
- Cada campo tiene que contener la información relativa a la columna a la que se refiere.
- La estructura de los datos no puede ser modificada.
- No se recomienda cambiar el nombre del libro ni de las hojas.

4.2 Posibles errores

La aplicación avisará si ha olvidado introducir la información necesaria incluida en la PT, ya sea el trayecto o los vehículos.

El programa detectará que el usuario ha olvidado introducir algún dato relativo al vehículo o al remolque y le indicará de cual se trata.

Cuando se carga un remolque con un vehículo se suma el peso y la longitud y se compara las plataformas compatibles en las que puede ser transportado. Si no tiene ninguna plataforma en común la aplicación no le permitirá cargarlo y le avisará.

Si falta algún dato necesario o los datos no comparten las mismas unidades de medida puede dar una composición ferroviaria errónea o un error en ejecución.

Cuando el peso o la longitud de un vehículo son mayores que las capacidades que tienen las plataformas donde se define que puede ser transportado no será capaz de cargarlo y dará un error en ejecución.

Las capacidades de las locomotoras que se van a utilizar deben ser especificadas en orden de utilización por cada tren. Si el número de locomotoras es menor que el de trenes que se va a obtener dará un error en ejecución y se notificará con un aviso.

4.3 Limitaciones de diseño

La aplicación ha sido diseñada con las siguientes limitaciones para que su funcionamiento sea rápido y no sature la memoria RAM del sistema:

- Número de elementos distintos cargados en la lista de vehículos (cada fila de la hoja Datos) no superior a 40.
- Número de modelos de plataformas utilizadas para el transporte no superior a 6.

- Número de plataformas cargadas en un mismo tren no superior a 50.
- Número de trenes y, al mismo tiempo, número de locomotoras empleadas (doble tracción se considera como una) no superior a 10.

Limitando el alcance del problema se consigue que un error al introducir los datos sea fácilmente detectable porque dará error en ejecución en vez de un bucle infinito que pueda colapsar los recursos del sistema.

Otras condiciones impuestas en el código son:

- El algoritmo considera que cuando la capacidad de una locomotora es superior a 1.200.000 Kg se trata de doble tracción.
- El algoritmo considera como vehículo ligero los que no pesan más de 3.000 Kg.
- La distancia mínima entre vehículos en una misma plataforma es de 25 cm.

Todas estas limitaciones pueden ser modificadas siguiendo las explicaciones del apartado 5.2.

5 Ampliación del software

La aplicación ha sido diseñada para que pueda ser ampliada, tanto con información como con funcionalidades.

5.1 Modificaciones: nivel usuario

El usuario puede añadir más trayectos una vez sean validados por ADIF o puede añadir vehículos cuando las fichas de gálivos sean confeccionadas y revisadas por ADIF.

5.1.1 Añadir o gestionar trayectos

Para añadir un trayecto hay que seleccionar la hoja Trayectos y buscar la primera fila sin datos almacenados. Los datos a rellenar son:

- N: identificador de trayecto (no es necesario pero es recomendable).
- Trayecto: con este nombre aparecerá en el ComboBox.
- Longitud básica: longitud máxima básica determinada por el trayecto (en mm).
- Longitud condicionada: longitud máxima condicionada determinada por el trayecto (en mm).
- Capacidad 1...10: capacidad de las locomotoras que pueden usarse en ese trayecto (en Kg)

5.1.2 Añadir o gestionar vehículos

Para añadir un vehículo hay que seleccionar la hoja Vehículos y buscar la primera fila sin datos almacenados. Los datos a rellenar son:

- CC41: si está o no (s es sí y n es no) sujeto a la Consigna CC41 (no es necesario pero es recomendable).
- NOC: código NOC del vehículo (no es necesario pero es recomendable).
- Denominación SIGLE material: con este nombre aparecerá en el ComboBox y será añadido al Cuadro de Composición.
- Longitud: longitud del vehículo (en mm).
- Peso: peso del vehículo (en Kg).

- Plat 1...4: Plataformas donde el vehículo puede ser cargado, en orden de prioridad. Tiene que mantener el mismo formato que en la hoja Plataformas.
- Remolque: si es o no (s es sí y n es no) un remolque. Los que tengan una “s” aparecerán en el ComboBox de remolques.

Una vez introducidos nuevos vehículos, se pueden ordenar alfabéticamente pulsando en la hoja Vehículos el botón Ordenar por nombre.

5.2 Modificaciones: nivel desarrollador

El usuario, con unos conocimientos de programación, puede modificar el código bajo su responsabilidad. Se recomienda hacer una copia de seguridad antes de modificar el código.

Para acceder a las funciones de desarrollador hay que seguir los siguientes pasos:

Archivo → Opciones → Personalizar cinta de opciones → Pestañas principales → marcar la opción Desarrollador → Aceptar

Con esta función activada se pueden realizar dos acciones principalmente:

- Macros: las macros son acciones que se graban en forma de código y se pueden asignar a un evento determinado, como por ejemplo pulsar un botón. Un ejemplo de lo que se puede crear con esta función es el botón Ordenar por nombre.
- Visual Basic: con esta función el usuario accede al código de la aplicación y puede realizar cambios en la configuración avanzada del proyecto.

5.2.1 Explorador de proyectos

Al pulsar Visual Basic se abre el Explorador de proyectos. Se puede distinguir varias carpetas:

- Microsoft Excel Objetos: son las distintas hojas del libro.
- Formularios: se encuentra el formulario usado para la introducción de datos. Está formado por un objeto principal (formulario) que contiene a su vez otros objetos. Además también tiene un código de programación para indicar las acciones a realizar cuando ocurre un evento.
- Módulos: es código de programación que realiza ciertas acciones. ALGORITMO es el código dividido en procedimientos (Sub) usado en la elaboración de la composición ferroviaria. Macros contiene las macros grabadas en el libro.

NOTA: Para visualizar los objetos ocultos active la Ventana de propiedades. Para visualizar la hoja Cuadro y la hoja Plataformas seleccione la propiedad Visible y cámbiela a -1 xlSheetVisible.

5.2.2 Modificación del código

Para modificar la limitación del número de elementos pulse Ver código de ALGORITMO.

<pre>Public Type Tvehiculos nveh As Integer vehiculos(1 To 40) As Tvehiculo nl As Integer pt As Long longitud As Long End Type</pre>	<pre>Public Type Tvehiculos nveh As Integer vehiculos(1 To 50) As Tvehiculo nl As Integer pt As Long longitud As Long End Type</pre>
--	--

De esta forma se incrementa la capacidad del número de elementos de la lista de vehículos de 40 a 50 elementos.

Para modificar las siguientes consideraciones vaya al procedimiento indicado y sustituya los valores por los que desee:

- El algoritmo considera que cuando la capacidad de una locomotora es superior a 1.200.000 Kg se trata de doble tracción. (Sub iniciarTren)
- El algoritmo considera como vehículo ligero los que no pesan más de 3.000 Kg. (Function sumanI)
- La distancia mínima entre vehículos en una misma plataforma es de 25 cm. (Sub busquedaAr y Sub busquedaAb)

5.2.3 Hoja Plataformas

La hoja Plataformas tiene la estructura siguiente:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		TIPO	Nº	Nº	PESO	LONGITUD	LONGITUD	Nº	ALTURA	ANCHURA	CARGA	USAR EN APP
2		PLATAFORMA	PLAZAS	SERIE		TOPOS	INTERIOR	EJES	PISO	PISO	MÁXIMA Tm.	
3	1	LITERA	60	12600	50000	26400		4				n
4	2	PRIMERA	60	12100	50000	26400		4				n
5	3	SEGUNDA	88	16200	50000	26400		4				n
6	4	M-1 (ORE)			14000	13860	12500	2	1230	2770	27500	n
7	5	M-1			12500	13860	12500	2	1200	2770	25900	s
8	6	M-2			11000	9950	7900	2	1250	2840	20000	n
9	7	MA1			13200	14020	13180	2	1270	3170	26800	n
10	8	MM-2			24000	19890	19290	4	1320	2740	56000	s
11	9	MMQC			24700	19900	18500	4	1280	2740	55300	n
12	10	PMM-E			21300	12500	11260	4	1175	3290	57500	s
13	11	KS			13400	13860	12500	2	1230	2770	27500	n
14	12	PMM-ER			21300	12500	11260	4	1175	3290	68900	s
15	13	J-3			11000	9950	8680	2	1220	2840	21000	n

Las unidades empleadas deben ser mm y Kg. En la columna A se define el número identificador y en la columna L se indica si va a ser usada o no (s es sí y n es no) para la elaboración del Cuadro de Composición (máximo 6).

5.2.4 Hoja Cuadro

La hoja Cuadro contiene el modelo vacío del Cuadro de Composición.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O					
CELULA CONTROL MOVIMIENTO FERROCARRIL																			
CUADRO DE COMPOSICION PARA UN PROGRAMA DE TRANSPORTE																			
PETICIONES DE TRANSPORTE N°					DE FECHA														
ESCRITO DITRA N°					DE FECHA														
					Tren N° M-000-I/M-000-R														
UNIDAD:					FECHAS:					IDA:					REGRESO:				
ORIGEN:					DESTINO:					SAN GREGORIO									
E F E C T I V O S																			
M A T E R I A L F E R R O V I A R I O																			
OFICIALES SUPERIORES Y OFICIALES					Nº TIPO EJES LT TARA TMM TMB														
SUBOFICIALES					1 LITERA 4 26,4 50,0 2,0 52,0														
TROPA					0 MMQC														
TOTAL					0														

Para futuros proyectos de ampliación de funcionalidades en la aplicación póngase en contacto con el desarrollador a través del correo: 602865@unizar.es

Autor: David Perea López

Zaragoza, 2016.

ANEXO G: CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN

CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN DE LA APLICACIÓN AUTOCOMPO

El siguiente cuestionario está destinado al personal del Centro de Control de Movimiento por Ferrocarril del RPEI 12. Este cuestionario tiene como fin evaluar la calidad de la aplicación AutoCompo. Por ello, agradezco que sea sincero, piense las respuestas, siga los pasos y responda a las preguntas con libertad. Califique con su criterio personal cada aspecto evaluado en una escala numérica de 1 a 10, resaltando la respuesta elegida, siendo 10 la respuesta más positiva.

Sus respuestas podrán ser publicadas en el Trabajo de Fin de Grado que tiene como objetivo el desarrollo de esta aplicación. Su realización es voluntaria, aunque agradezco sinceramente su participación. Es anónimo, por lo que no tendrá que proporcionar sus datos personales. Se pide a la persona más caracterizada del CCMR que reparta tantas copias como sean necesarias.

Por favor, use la aplicación durante 5 minutos y familiarícese con el entorno gráfico sin haber leído previamente el Manual de usuario.

1. ¿Le ha parecido que tiene un diseño intuitivo?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2. ¿Se ha familiarizado cómodamente con el entorno gráfico?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3. ¿Ha conseguido, en los 5 minutos, trabajar con la aplicación satisfactoriamente?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4. ¿Le parece el formato adecuado? Si tiene alguna proposición para mejorarlo indíquelo.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

--

Por favor, lea el apartado 2.2. Ejemplo de uso del Manual de usuario. Después elija al azar una PT (Petición de Transporte) con su Cuadro de Composición correspondiente del histórico del CCMR y siga los pasos del manual para cargar los datos de la PT en la aplicación.

5. Valore el diseño de formulario de introducción de datos.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6. ¿Le ha resultado sencilla la introducción de datos?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

7. Valore el tiempo empleado en la introducción de datos.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

8. ¿Ha tenido algún problema con la introducción de datos? En caso afirmativo, ¿la aplicación le ha avisado o ha conseguido solucionar el problema?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

--

Compruebe los datos introducidos y pulse el botón “Iniciar composición”.

9. Valore el tiempo empleado por el algoritmo para calcular la composición.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

10. Valore el formato del Cuadro de Composición que se ha obtenido como resultado.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

11. Valore la similitud de la composición del resultado con la del caso real.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

12. ¿Ha habido algún error en tiempo de ejecución? En caso afirmativo, ¿le ha resultado fácil encontrar la causa del error?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

--

Por favor, lea el apartado de 3. Optimización del resultado y haga las modificaciones necesarias en los datos hasta obtener el resultado más óptimo o más parecido al caso real.

13. ¿Le parecen sencillas las modificaciones sobre los datos originales?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

14. ¿Ha conseguido controlar el funcionamiento del programa para llegar al resultado óptimo?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

15. Valore el tiempo total empleado hasta obtener el Cuadro de Composición definitivo.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Por favor, lea el apartado 5.1. Modificaciones: nivel usuario. Después siga los pasos para añadir datos nuevos a la aplicación. También haga una prueba gestionando los datos (revisar, modificar, eliminar...).

16. Valore la implementación de esta función en la aplicación.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

17. ¿Le ha parecido sencillo añadir nuevos datos?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

18. ¿Le resulta cómodo gestionar los datos?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Por favor, lea el apartado 4. Limitaciones de la aplicación del Manual de usuario.

19. ¿Le parece que la aplicación es capaz de satisfacer sus necesidades?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

20. ¿Le resultan molestas las instrucciones de uso de la aplicación para evitar errores?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

21. ¿Modificaría alguna limitación de diseño? En caso afirmativo indíquelo. Recuerde que se pueden realizar las modificaciones tal como se explica en el apartado 5.2. Modificaciones: nivel desarrollador.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

--

Ha finalizado el cuestionario, muchas gracias por su colaboración. A continuación puede proponer alguna sugerencia o hacer comentarios sobre su experiencia.

--